



Versión Abierta Español – Portugués

de la

Revista Iberoamericana de Tecnologías del/da Aprendizaje/Aprendizagem

Una publicación de la Sociedad de Educación del IEEE (Capítulo Español)
Uma publicação da Sociedade de Educação do IEEE (Capítulo Espanhol)

JUN. 2015

VOL. 3

NÚMERO/NUMERO 2

(ISSN 2255-5706)

Introducción Temprana de Conceptos de Control Robusto: Experiencia Práctica y CAD..... <i>Patricia N. Baldini, Guillermo L. Calandrini, Pedro D. Doñate, Héctor R. Bambill</i>	61
Telechips: Promoviendo la Ingeniería en Telecomunicación entre los Jóvenes Estudiantes..... <i>Carmen Bachiller Martín, J. Alberto Conejero</i>	68
EDICIÓN ESPECIAL: ESTRATEGIAS PARA MEJORAR LA USABILIDAD DE REPOSITORIOS EDUCATIVOS Editores Invitados: <i>Ana Casali, Cristian Cechinel y Xavier Ochoa</i>	
Edición Especial: Estrategias para Mejorar la Usabilidad de Repositorios Educativos..... <i>Ana Casali, Cristian Cechinel, Xavier Ochoa</i>	76
Uso de Repositorios de Recursos Educativos Digitales. Revisión de Estado del Arte..... <i>Virginia Rodés Paragarino, Adriana Gewerc Barujel, Martín Llamas Nistal, Senior Member, IEEE</i>	78
Repositorios Educativos: Estudio de la Situación Actual y Estrategia para Mejorar su Uso Efectivo en las Universidades Ecuatorianas..... <i>Jorge J. Maldonado, Josefina Siguencia, Juan Pablo Carvallo</i>	85
Asistente para Poblar Repositorios: Recopilación de Objetos Digitales y Extracción de Metadatos.... <i>Ana Casali, Claudia Deco, Santiago Beltramone</i>	93
Metadatos para Juegos Educativos en Repositorios de Objetos de Aprendizaje..... <i>Manuel Freire; Baltasar Fernández-Manjón, Senior Member, IEEE</i>	101
Mapeo de Metadatos de Objetos de Aprendizaje con Estilos de Aprendizaje como Estrategia para mejorar la Usabilidad de Repositorios de Recursos Educativos..... <i>Néstor D. Duque, Valentina Tabares, Rosa M. Vicari</i>	107

(Continúa en la Contraportada)

CONSEJO/CONSELHO EDITORIAL

Presidente (Editor Jefe):

Martín Llamas Nistal,
Universidad de Vigo, España

Vicepresidente (Coeditor):

Manuel Castro Gil, UNED, España

Editor Asociado para lengua

Portuguesa:

Carlos Vaz do Carvalho,
INESP, Portugal

Miembros:

Melany M. Ciampi, COPEC, Brasil
Javier Quezada Andrade,
ITESM, México
Edmundo Tovar, UPM, España
Manuel Caeiro Rodríguez,
Universidad de Vigo, España
Juan M. Santos Gago,
Universidad de Vigo, España
José Carlos Lourenço Quadrado,
ISEP, Oporto, Portugal

David Camacho Fernández
Universidad Autónoma de Madrid,
España
María Mercedes Larrondo Petrie,
Florida Atlantic University y
LACCEI, USA
Humberto Ramón Álvarez Alvarado,
Universidad Tecnológica de Panamá y
LACCEI, Panamá

Secretaría:

Gabriel Díaz Orueta, UNED, España

COMITÉ CIENTÍFICO

Alfredo Fernández
Valmayor, Universidad
Complutense de Madrid,
España
Antonio J. López Martín,
Universidad Estatal de
Nuevo Méjico, USA
Antonio J. Méndez,
Universidad de Coimbra,
Portugal
António Vieira de
Castro, ISEP, Oporto,
Portugal
Arturo Molina, ITESM,
México
Baltasar Fernández,
Universidad
Complutense de Madrid,
España
Carlos Delgado,
Universidad Carlos III
de Madrid, España
Carlos M. Tobar Toledo,
PUC-Campinas, Brasil
Claudio da Rocha Brito,
COPEC, Brasil
Daniel Burgos,
ATOS Origin, España
Fernando Pescador,
UPM, España
Francisco Arcega,
Universidad de
Zaragoza, España
Francisco Azcondo,
Universidad de
Cantabria, España
Francisco Jurado,
Universidad de Jaen,
España
Geraldo Carbajal,
Universidad del Turabo
y LACCEI, Puerto Rico

Gustavo Rossi,
Universidad Nacional
de la Plata, Argentina
Héctor Morelos, ITESM,
México
Hugo E. Hernández
Figueroa, Universidad
de Campinas, Brasil
Ignacio Aedo,
Universidad Carlos III
de Madrid, España
Inmaculada Plaza,
Universidad de
Zaragoza, España
Ivan Esparragoza,
Pennsylvania State
University y LACCEI,
USA
Jaime Muñoz Arteaga,
Universidad Autónoma
de Aguascalientes,
México
Jaime Sánchez,
Universidad de Chile,
Chile
Javier Pulido, ITESM,
México
J. Ángel Velázquez
Iturbide, Universidad
Rey Juan Carlos,
Madrid, España
José Bravo, Universidad
de Castilla La Mancha,
España
José Carpio, UNED,
España
José Palazzo M. De
Oliveira, UFGRS, Brasil
José Salvado, Instituto
Politécnico de Castelo
Branco, Portugal

José Valdeni de Lima,
UFGRS, Brasil
Juan Quemada, UPM,
España
Juan Carlos Burguillo
Rial, Universidad de
Vigo, España
J. Fernando Naveda
Villanueva,
Universidad de
Minnesota, USA
Luca Botturi,
Universidad de Lugano,
Suiza
Luis Anido, Universidad
de Vigo, España
Luis Jaime Neri Vitela,
ITESM, México
Manuel Fernández
Iglesias, Universidad de
Vigo, España
Manuel Lama Penín,
Universidad de Santiago
de Compostela, España
Manuel Ortega,
Universidad de Castilla
La Mancha, España
M. Felisa Verdejo,
UNED, España
María José Patrício
Marcelino, Universidad
de Coimbra, Portugal
Mateo Aboy, Instituto
de Tecnología de
Oregón, USA
Miguel Angel Sicilia
Urbán, Universidad de
Alcalá, España
Miguel Rodríguez
Artacho, UNED, España
Óscar Martínez
Bonastre, Universidad

Miguel Hernández de
Elche, España
Paloma Díaz,
Universidad Carlos III
de Madrid, España
Paulo Días,
Universidade do Minho,
Portugal
Rocael Hernández,
Universidad Galileo,
Guatemala
Rosa M. Vicari, UFGRS,
Brasil
Regina Motz,
Universidad de La
República, Uruguay
Samuel Cruz-Lara,
Universitè Nancy 2,
Francia
Sergio Mujica López
Universidad Finis
Terra y LACCEI, Chile
Víctor H. Casanova,
Universidad de Brasília,
Brasil
Vitor Duarte Teodoro,
Universidade Nova de
Lisboa, Portugal
Vladimir Zakharov,
Universidade Estatal
Técnica MADI, Moscú,
Rusia
Xabiel García pañeda,
Universidad de Oviedo,
España
Yannis Dimitriadis,
Universidad de
Valladolid, España

Introducción Temprana de Conceptos de Control Robusto: Experiencia Práctica y CAD

Patricia N. Baldini, Guillermo L. Calandrini, Pedro D. Doñate, y Héctor R. Bambill

Title—Early Introduction of Robust Control Concepts: Hands-on Experience and CAD

Abstract— This paper presents an educational experience in an initial course in feedback control. The purpose is to introduce concepts of robust design not included in the regular curriculum. The problem of designing a controller for a simple mechanical system without knowing the true value of the parameters is proposed in a laboratory class. The task is performed on the real system with the aid of CAD freeware. The combination of practice and software tools, encourages the development of autonomous learning and favors the apprehension of the concepts of uncertainty and robustness. A perception survey shows promising results indicating that the strategy of learning by doing is very well accepted by the students.

Index Terms— Action Learning, Computer Aided Instruction, Control Engineering Education, Freeware Tools, QFT.

I. INTRODUCTION

LA mayoría de las técnicas de diseño de sistemas de control utilizan un modelo de la planta durante la fase de ajuste de los parámetros del controlador. Si bien se sabe que los modelos matemáticos son sólo una aproximación de los sistemas reales, en los primeros cursos de control sólo se consideran los de estructura fija y parámetros conocidos. No se tienen en cuenta los errores de modelado, bajo la suposición de que el modelo puede ser determinado en forma bastante exacta y que la realimentación reducirá la sensibilidad a la posible variación de parámetros.

En un curso inicial de grado se cubren contenidos clásicos de análisis y diseño de controladores tanto en tiempo como frecuencia para sistemas lineales de una entrada y una salida (SISO) modelados mediante función de transferencia. Algún concepto de robustez se presenta de manera indirecta al considerar márgenes de estabilidad y sensibilidad. El abordaje de la problemática asociada a la incertidumbre en los parámetros y a la estabilización y seguimiento robusto no se incluye por la complejidad del tratamiento matemático involucrado. Si se analiza la bibliografía moderna sobre

control clásico, sólo unos pocos autores introducen el diseño robusto propiamente dicho, y la mayoría lo hace de un modo más bien intuitivo [1]-[4]. Como conclusión, en el alumno se arraiga la idea de que la obtención de un modelo bien definido es posible y además suficiente a los efectos del control. Es claro que en la experiencia práctica este modelo único no es obtenible.

Este trabajo presenta una experiencia didáctica, incluida en una actividad habitual de laboratorio, que tiene como objetivo presentar e introducir el concepto de incertidumbre como forma de modelar dichas inexactitudes. Además, mostrar que existen algunas herramientas muy accesibles para, eventualmente, abordar el diseño del control correspondiente. Se destaca que si al realizar el diseño se tiene en cuenta la incertidumbre, el controlador resultante mantendrá las prestaciones del sistema dentro de los límites de las especificaciones, incluso en presencia de imperfecciones, errores de modelado y eventuales perturbaciones.

La experiencia está concebida para que la incertidumbre paramétrica se presente naturalmente cuando distintos grupos de alumnos realizan una actividad práctica integradora de laboratorio. Esta consiste en la identificación, análisis, diseño del control y análisis de prestaciones de un sistema simple. Concluida la etapa de identificación, se comparan resultados y la situación habilita un debate sobre las razones y consecuencias de la evidente dispersión en los resultados obtenidos, la forma de contemplar este hecho en el modelo, los efectos sobre el diseño de un controlador PID y las limitaciones de las metodologías clásicas para tratar el problema. Con el objetivo adicional de mostrar que existen alternativas accesibles al diseño clásico, se presenta al curso un programa para CAD de libre distribución, SISO-QFTIT [5], basado en el ambiente Sysquake [6] muy conocido y utilizado en la educación en control [7]. Este CAD implementa la teoría de realimentación cuantitativa (QFT) y permite diseñar un controlador “robusto” para luego comparar los resultados con un diseño clásico.

Sin profundizar específicamente en la teoría asociada al diseño robusto, se pretende que desde un punto de vista experimental y natural, los alumnos tomen conciencia de la problemática real involucrada en los procesos de modelado, identificación y control. Se concluye que el diseño clásico no es el único disponible, y que existen metodologías de diseño alternativas junto con herramientas accesibles para abordarlos.

La propuesta se implementa en la primera asignatura del área de control realimentado de la carrera Ingeniería Electrónica. Durante y al finalizar la experiencia, una encuesta simple permite verificar, según la propia percepción de los alumnos, el alcance de los objetivos planteados sobre la temática trabajada.

P. N. Baldini, Departamento de Ingeniería Eléctrica y de Computadoras, Universidad Nacional del Sur, y Departamento de Ingeniería Electrónica, Facultad Regional Bahía Blanca, Universidad Tecnológica Nacional, Buenos Aires, Argentina (e-mail: pnbaldi@frbb.utn.edu.ar).

G. L. Calandrini, Departamento de Ingeniería Eléctrica y de Computadoras, Universidad Nacional del Sur, Buenos Aires, Argentina (e-mail: calandri@criba.edu.ar).

P. D. Doñate, Departamento de Ingeniería Eléctrica y de Computadoras, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina, (e-mail: pdonate@uns.edu.ar).

H. R. Bambill, Departamento de Ingeniería Electrónica, Facultad Regional Bahía Blanca, Universidad Tecnológica Nacional, Buenos Aires, Argentina (e-mail: hbambill@criba.edu.ar).

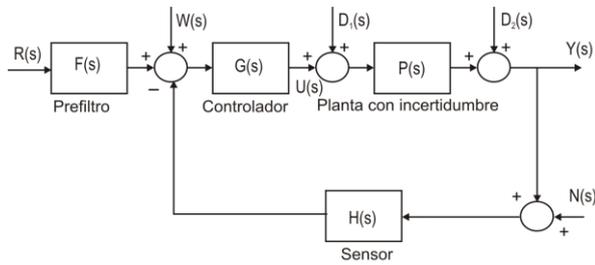


Fig. 1. Esquema de control con dos grados de libertad.

En la sección II se presenta primero el contexto curricular de la asignatura donde se realiza la experiencia. Luego se introducen conceptos básicos sobre QFT junto con una breve descripción de la herramienta CAD adoptada y los motivos de su elección. En la sección III se describe la experiencia incluyendo el sistema utilizado, el experimento de identificación, las especificaciones y un resultado típico de diseño. La sección IV detalla los resultados de la experiencia y finalmente en la sección V se vuelcan las conclusiones del trabajo.

II. CONTEXTO Y CONCEPTOS GENERALES

A. Contexto de Aplicación

La experiencia se realiza con el curso de Fundamentos de Control Realimentado (FCR). Es la primera asignatura que reciben de control y está ubicada en el primer cuatrimestre del cuarto año de un plan de estudios de cinco años de la carrera Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional del Sur. Esta carrera está acreditada por la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria dependiente del Ministerio de Educación de la República Argentina. Relacionado con la asignatura FCR, al cursar cuarto año, los alumnos ya cuentan con 640 horas de matemática incluida Teoría de Variable Compleja, 384 horas de Física, 128 horas de Métodos y Simulación Numérica en Ingeniería Eléctrica. Tienen además 128 horas de Análisis de Circuitos y Sistemas de tercer año, donde adquieren competencias en la caracterización y análisis temporal y frecuencial de sistemas lineales incluyendo los gráficos de Bode.

La asignatura FCR tiene una carga horaria total de 128 horas contemplando por semana 4 horas de teoría y 4 de práctica con ejercitación y laboratorios. El núcleo de la asignatura aborda tres grandes temas en la disciplina control automático: desarrollo de modelos dinámicos; evaluación y análisis de comportamiento dinámico de sistemas lineales a lazo abierto y retroalimentados, y evaluación y análisis de comportamiento de estos sistemas en el plano complejo y con métodos de respuesta en frecuencia. Cada uno de estos bloques temáticos tiene laboratorios particulares conformando un total de cinco experiencias de dos horas cada una.

La experiencia, descrita en la sección III, se ubica en el transcurso del tercer bloque temático mencionado, donde ya han sido cubiertos los contenidos sobre modelado y comportamiento temporal y es contemporánea con la presentación de los métodos frecuenciales. Los alumnos cuentan con la práctica de ejercitación correspondiente y realizan este laboratorio de tipo “integrador” ya que involucra actividades de modelado e identificación, análisis de comportamiento temporal y frecuencial, diseño del controlador y análisis de comportamiento del sistema

completo. El trabajo se realiza en dos etapas de 4 horas de duración cada una de ellas, 2 horas en laboratorio y 2 horas estimadas de diseño y procesamiento en el hogar.

Para presentar una alternativa al diseño clásico, se adopta QFT debido a su relativa sencillez y su relación directa con el bloque temático de diseño frecuencial. En efecto, esta metodología reinterpreta las ideas de Bode llevándolas a una forma cuantitativa, reforzando el concepto de que la realimentación es necesaria en función de la existencia de incertidumbre o perturbaciones no medibles en el modelo de la planta [8]-[10]. Si bien no se imparte una explicación teórica del tema, se dan lineamientos básicos para relacionar los gráficos de Bode y Nichols con el uso de la herramienta CAD durante la ejecución de los laboratorios.

Estos laboratorios y esta experiencia, entre otros aspectos, permiten también reforzar en los alumnos las relaciones entre respuesta en frecuencia y respuesta temporal, márgenes de fase y frecuencias de cruce con sobrepicos y tiempos de trepada en la respuesta al escalón.

B. Conceptos sobre QFT

La teoría de realimentación cuantitativa fue concebida por Horowitz [11] como una técnica de diseño para sistemas de control realimentados planteada en el dominio de la frecuencia. Propone una metodología de diseño transparente que ha sido y sigue siendo utilizada con muy buenos resultados en diversas aplicaciones [12]-[17].

La Figura 1 muestra una configuración típica de control donde $P(s)$ representa la planta con incertidumbre. El objetivo de diseño QFT es la síntesis de un controlador $G(s)$, lo más simple posible, con ancho de banda mínimo y que cumpla con las especificaciones para la familia de plantas establecidas por la incertidumbre. El diseño general puede eventualmente incluir el precompensador $F(s)$. Las perturbaciones están modeladas por los procesos W , D_1 y D_2 , el ruido es N , la señal de referencia es R y la salida Y . La dinámica del sensor está representada por $H(s)$ en el lazo de realimentación.

Debido a la incertidumbre, la planta queda caracterizada por una familia de respuestas en frecuencia. Es decir, la dinámica para cada frecuencia queda descrita por un conjunto de puntos que constituyen las denominadas plantillas o *templates* [18].

Las especificaciones referidas a las prestaciones deseadas en términos de estabilidad, comportamiento temporal, rechazo de perturbaciones y límites sobre la señal de control se traducen, conjuntamente con la incertidumbre, en regiones admisibles en el diagrama de Nichols, delimitadas por curvas denominadas contornos o *bounds*. Estas curvas son las que sirven de guía para determinar la función transferencia de lazo abierto nominal, $L_o(j\omega) = G(j\omega)P_o(j\omega)$ que es la base del diseño del controlador $G(j\omega)$. Si $L_o(j\omega)$ satisface las restricciones sobre la carta de Nichols se garantiza que también lo harán todas las funciones de lazo correspondientes a las plantas del *template*.

En particular, para la experiencia desarrollada, sólo se considera el diseño del controlador $G(j\omega)$ en base a estabilidad robusta y especificaciones temporales.

C. Elección y Características del Software de Diseño

Una de las características de los estudiantes actuales es la facilidad con que interactúan con dispositivos tecnológicos



Fig. 2. Sistema motor-volante-sensor de posición

manejando de manera natural interfaces tipo menú que permiten la elección de diferentes opciones y configuraciones para los mismos. Muchas de las herramientas de software accesibles a través de Internet resultan muy apropiadas para este fin ya que constituyen un gran estímulo para involucrar más activamente a los alumnos en su propio proceso de aprendizaje e introducir de manera rápida y efectiva conceptos relativamente complejos.

Desde el punto de vista pedagógico, al considerar la incorporación de software de diseño, se pueden distinguir dos estrategias [19]:

- Su empleo como herramienta auxiliar, contemplando dos etapas. La primera es la síntesis o determinación del conjunto de parámetros de diseño, mientras que la segunda es el análisis o validación de resultados obtenidos en relación a las especificaciones. Esto comúnmente conduce a una nueva iteración en un procedimiento tipo prueba y error.
- Su utilización como herramienta interactiva [20], que combina ambas etapas y muestra de manera inmediata los efectos del cambio de los parámetros. El diseño se torna realmente dinámico permitiendo al usuario percibir el modo en que las modificaciones influyen en el comportamiento del sistema. Esto permite orientar el diseño para obtener un compromiso aceptable entre todos los requerimientos, generar un criterio intuitivo relacionado con el conocimiento experto, e identificar rápidamente si las especificaciones pueden o no ser satisfechas.

En general, Matlab® y sus librerías o *toolbox* junto con su interfaz gráfica de usuario (GUI), es el software más frecuentemente empleado en el campo del control automático, permitiendo implementar diversas técnicas usadas en control. En particular, en la metodología QFT existen diferentes herramientas de CAD implementadas en este ambiente [21]-[24]. Entre las más difundidas y completas se mencionan los *toolboxes* QFT Frequency Domain Control (FDCDT) de tipo comercial [22] y QFT Control (QFTCT) de libre acceso [23]. En ambos casos, se requiere el software de base para el cuál es necesario contar con una licencia costosa y no siempre accesible.

Por otra parte, en el campo del software de distribución gratuita se encuentra disponible SISO-QFTIT (Single Input Single Output Quantitative Feedback Theory Interactive Tool) caracterizado por su alta interactividad en cada etapa

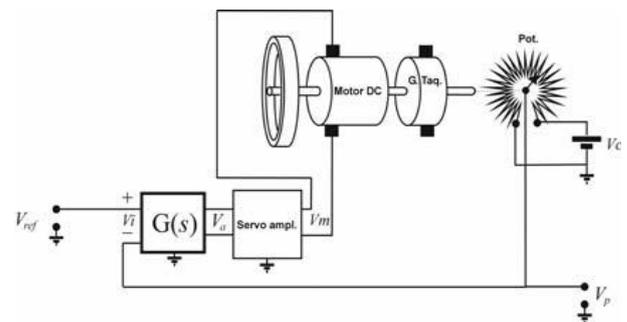


Fig. 3. Esquema del sistema de control

del proceso y su facilidad de uso. Desarrollado en ambiente Sysquake [6], se presenta en forma de archivo ejecutable bajo sistema operativo Windows y Mac proporcionando alta portabilidad. Presenta de manera secuencial una serie de ventanas que responden al concepto de “dynamics pictures” [25] que facilita la comprensión de los conceptos involucrados, el desarrollo de las habilidades fundamentales de diseño y el sustento para los aspectos teóricos básicos. Este software se ajusta perfectamente a los objetivos planteados, incorporando el valor agregado de ser de libre disponibilidad y accesible para el alumno que quiera experimentar fuera del ámbito de la universidad. Los detalles específicos se describen en [26].

Estos aspectos son los que condujeron a la decisión de adoptar el software SISO-QFTIT como herramienta CAD para el desarrollo de la experiencia.

D. Descripción del Sistema de Control

El sistema está conformado por un motor de corriente continua de imanes permanentes (Liotton C23, 24 volts nominales) con un volante de inercia que actúa como carga (Fig. 2). Integrado al motor se dispone de un tacómetro que genera una señal medible para la identificación de los parámetros asociados.

La acción de control se acondiciona por medio de un servo-amplificador, donde es convertida en una señal PWM (Advanced Motion Controls, modelo C25AB, de 22KHz).

El objetivo es posicionar el volante de inercia utilizando como sensor de posición un potenciómetro lineal de 10 K^Ω acoplado directamente al eje del motor (Fig. 3).

El compensador que genera la acción de control es del tipo PID (proporcional + integral + derivada), implementado con amplificadores operacionales [27], [28]. Todo el conjunto servo-amplificador motor se modela con la función de transferencia:

$$\frac{\theta}{V_a} = \frac{\kappa}{s^2 + a} \quad (1)$$

donde θ representa la posición angular y V_a es la señal de control sobre el servo-amplificador. Para el controlador, la función de transferencia es:

$$\frac{V_a}{V_i} = k_p \left(1 + k_i \frac{1}{s} + k_d \frac{s}{0.022s + 1} \right) \quad (2)$$

con variación posible de las ganancias en los rangos $0 < k_p < 7$; $0 < k_i < 10.64$ y $0 < k_d < 0.1$. Los dos polos del controlador están fijos, uno en el origen (el integrador), y el

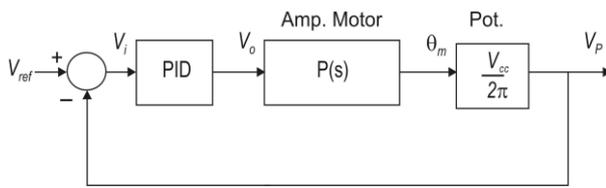


Fig. 4. Diagrama en bloques del sistema de control

de alta frecuencia en $s_0 = \frac{1}{0.022} = 45.454$. Los ceros se ajustan en la etapa de diseño.

El diagrama en bloques de este sistema de control realimentado puede apreciarse en la Figura 4.

III. METODOLOGÍA IMPLEMENTADA

A. Descripción de la Experiencia

La experiencia está planteada como un trabajo de laboratorio consistente en el diseño del control de posición descrito en la sección anterior, adecuado a los objetivos didácticos de la asignatura [27], [28]. Se realiza en dos etapas de cuatro horas cada una, asistidos con una guía de actividades. La primera utiliza conocimientos de los dos primeros bloques de la asignatura, donde ya disponen de los modelos del sistema obtenidos en prácticas y laboratorios previos. Se identifica el modelo, se pone de manifiesto la incertidumbre y se establece el debate. En la segunda etapa, contemporánea con el desarrollo del tercer bloque de la asignatura, se realiza el diseño del control, primero convencional y luego, al contemplar los efectos de la incertidumbre, el robusto.

La descripción detallada de estas etapas es la siguiente:

Etapa 1a (2 horas en laboratorio): La identificación consiste en determinar los dos parámetros asociados al modelo de la planta en la ec. (1), la ganancia K y el polo real a . Esto se realiza utilizando las respuestas a escalones de distintas amplitudes. Si bien los equipos sobre los que se trabaja son de características similares, la dispersión en los resultados se da naturalmente debido a pequeñas diferencias constructivas, errores en las mediciones, limitaciones del modelo y de los métodos de identificación utilizados (medición de la constante de tiempo, cuadrados mínimos). Comparando resultados entre grupos de trabajo para las distintas mediciones y métodos, se elabora el concepto de incertidumbre estructurada a partir de la dispersión dentro del espacio paramétrico. Se refuerza el hecho de que el modelo representa una aproximación del sistema físico real y que en la práctica no es posible determinar valores exactos de sus parámetros. Se deja en claro que eventualmente esta dispersión puede ser cuantificada y tenida en cuenta en el proceso de diseño.

Etapa 1b (2 horas pos laboratorio) A partir de los valores disponibles los grupos deben seleccionar lo que consideran el conjunto de parámetros que define la planta nominal, el cual sirve de base para realizar el diseño. Las estrategias posibles van desde adoptar valores promedio hasta simplemente retener los parámetros más representativos comparando simulaciones con los datos experimentales.

Etapa 2a (2 horas pre laboratorio): Con los parámetros nominales se debe diseñar un controlador PID. Las especificaciones del control se determinan en base a las

características deseadas para la respuesta al escalón. Estas son interpretadas como propiedades de la respuesta en frecuencia: tiempo de trepada y amortiguamiento traducidas como margen de fase y frecuencia de cruce por 0 dB. En esta etapa los alumnos deben opinar sobre la influencia que podría tener la incertidumbre del modelo en los resultados esperados y la posibilidad de considerarla en el proceso de diseño.

Etapa 2b (1 hora en laboratorio): Se implementa y analiza el comportamiento del sistema de control según el diseño nominal.

Etapa 2c (1 hora en laboratorio): Como alternativa se presenta conceptualmente la metodología basada en QFT, que permite el diseño de un controlador robusto. Se describe el programa CAD SISO-QFTIT, destacando que se trata de software de libre disponibilidad, con una interfaz gráfica muy fácil de utilizar y sus características de diseño interactivo. Este CAD requiere:

- introducir el modelo de la planta con incertidumbre paramétrica;
- determinar el rango de frecuencias de interés;
- incorporar las especificaciones;
- sintetizar y ajustar el controlador de manera interactiva;

Al finalizar el proceso, el software presenta la simulación de los resultados obtenidos teniendo en cuenta los peores casos.

Se diseña un controlador robusto con un sólo grado de libertad (sin prefiltro) para cumplir la especificación de tipo 1, “*Robust Stability Bounds*”, en la cual se establece el margen de fase deseado. Se modifican las tres ganancias del controlador en el sistema implementado y se compara su comportamiento con el diseño clásico ante diversas excitaciones. En este punto el alumno deberá comprobar que el controlador robusto aplicado a cualquiera de los equipos disponibles en el laboratorio cumple con las especificaciones a pesar de las diferencias detectadas en la etapa 1a (incertidumbre).

B. Ejemplo de Diseño

Se presentan un conjunto de resultados típicos para las etapas mencionadas.

Después de la identificación se adopta como planta nominal con el sensor de posición incluido, de acuerdo al esquema de la Figura 4,

$$P_o(s) = \frac{V_p}{V_a} = \frac{V_{cc}}{2\pi} \cdot \frac{\theta}{V_a} = \frac{10}{s(s+5.46)} \cdot \frac{117.46}{2\pi} = \frac{187.04}{s(s+5.46)} \quad (3)$$

donde se fijó la tensión de alimentación en el sensor $V_{cc}=10\text{volts}$. Se obtiene una buena velocidad de respuesta con poca amortiguación, correspondiendo un margen de fase de 22.6° . Se desea diseñar un controlador PID para llevar este margen a 50° . Un diseño clásico posible conduce a los parámetros $k_p = 0.735$; $k_i = 1.208$ y $k_d = 0.059$.

Por otro lado, manteniendo la planta nominal e incorporando la incertidumbre descrita como $K \in [79.36, 158.73]$ y $a \in [4, 7]$, por lo tanto

$$126.37 \leq K \frac{V_{cc}}{2\pi} \leq 252.75, \text{ se realiza el diseño robusto}$$

utilizando el software. A través de sucesivas ventanas gráficas, como las mostradas en fig. 5 y 6, se avanza en las

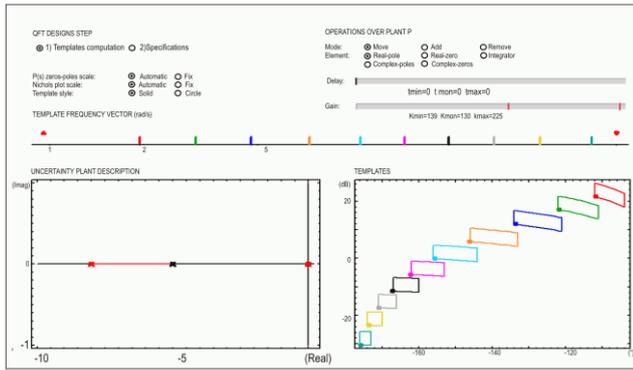


Fig. 5. Ventana para la etapa de ingreso de parámetros de planta, vector de frecuencias y cálculo de templates

distintas etapas propias de la metodología de QFT. Las frecuencias de trabajo utilizadas para este ejemplo son: 0.1, 0.5, 1, 2, 5, 13.3, 50, 100 [rad/seg]. Se utilizó la especificación de tipo 1, $W_{s1}=1.18$, que corresponde a un margen de fase de 50.19°. Inmediatamente y en forma automática se generan los contornos o *bounds* asociados.

El paso siguiente consiste en sintetizar el controlador robusto, procedimiento también conocido como *loop shaping*. Se ingresan gráficamente los componentes (ganancia, polos y ceros) con la inmediata visualización de su efecto sobre la respuesta en frecuencia de lazo abierto nominal. Primero se incorporan los polos fijos: $p_1 = 0$ y $p_2 = 45.454$. Luego se seleccionan interactivamente los dos ceros reales y la ganancia de modo de cumplir lo más ajustadamente posible con los *bounds*, para evitar sobrediseño.

De este proceso resulta, por ejemplo, la siguiente función transferencia para el controlador:

$$G(s) = 2.8407 \frac{(s + 8.964)(s + 0.424)}{s(s + 45.454)} \quad (5)$$

La Figura 6 muestra esta pantalla de diseño donde se ha utilizado una estructura PID convencional. Para finalizar, en la etapa de validación el programa presenta la simulación del sistema resultante. El cumplimiento de las especificaciones puede verificarse con curvas de comportamiento en tiempo y frecuencia. Cada gráfico muestra las situaciones más restrictivas teniendo en cuenta tanto la incertidumbre como los límites fijados por las especificaciones. Una imagen del sistema empleado se muestra en la Figura 7.

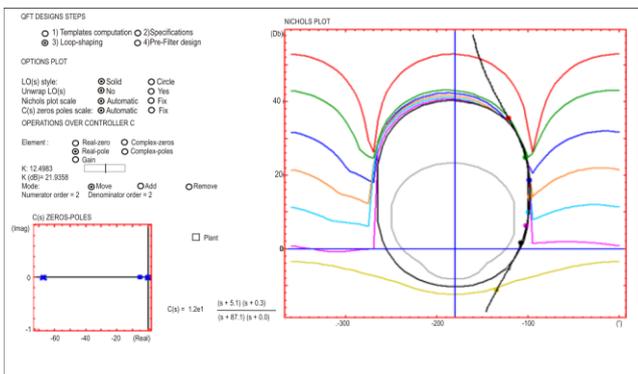


Fig. 6. Etapa de diseño interactivo del controlador o loopshaping en base a la Función Transferencia nominal y los bounds correspondientes a las especificaciones para estabilidad robusta y seguimiento.

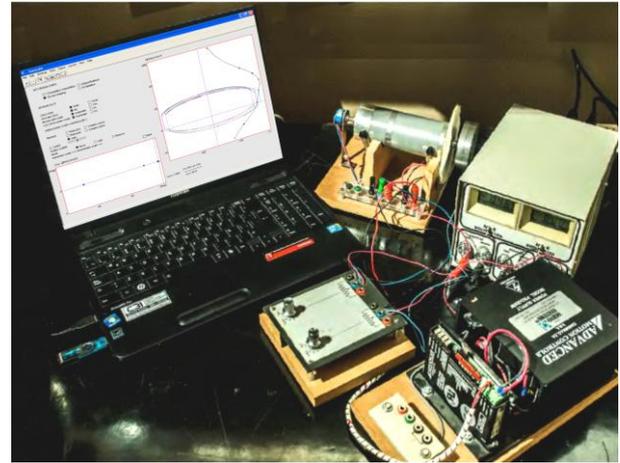


Fig. 7. Imagen del sistema mecánico con el controlador PID robusto implementado en el laboratorio.

Cada una de las comisiones implementa el mismo controlador sobre su sistema, verificando el adecuado funcionamiento del mismo. Luego, integrando y comparando resultados se comprueba la robustez del diseño: el mismo controlador funciona adecuadamente en todos los casos.

En la Figura 8 se compara una respuesta temporal del sistema real y la obtenida mediante simulación. Se detecta la presencia de no linealidades de tipo “zona muerta” debida a fricciones que no han sido modeladas, afectando el tiempo de establecimiento y el valor estacionario.

IV. RESULTADOS

La experiencia está concebida para que los alumnos la desarrollen de forma autónoma, con asistencia permanente por parte de los docentes. Se implementó en dos cursos regulares durante dos años consecutivos, con la participación de veinte alumnos en total. Si bien este número de alumnos es reducido, se considera aplicable a cursos más numerosos trabajando en turnos, con grupos de pocos integrantes, para garantizar una adecuada interacción docente-alumno.

Los resultados obtenidos se evaluaron desde la óptica de los propios alumnos mediante encuestas de percepción y opinión realizadas durante y al finalizar la experiencia, con los siguientes resultados:

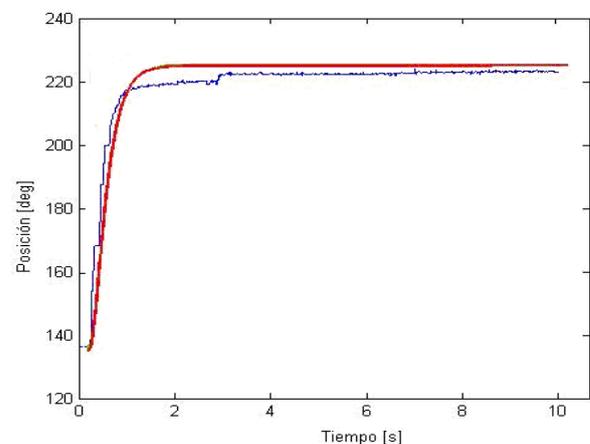


Fig. 8. Comparación de las respuestas temporales de la posición angular experimental y simulada.

- 1- 100% detecta la incertidumbre y reconoce que se presenta dispersión en los resultados como una realidad inherente a la determinación experimental de un modelo.
- 2-a 70% considera que el desajuste y dispersión de valores se debe a errores en el procedimiento de medición, modelado y efectos no lineales.
- 2-b 30% atribuye el desajuste entre el modelo y el sistema no necesariamente al proceso de medida, sino a errores de modelado y efectos no lineales.
- 3-a 45% considera que esta incertidumbre puede afectar al rendimiento del sistema y debe ser tenida en cuenta en el proceso de diseño.
- 3-b 55% considera irrelevantes los efectos de la incertidumbre en el rendimiento del sistema y que no debe ser tenida en cuenta en el diseño.
- 4-a Concluido el diseño, 35% no considera significativa la mejora obtenida.
- 4-b Concluido el diseño, 65% considera que resulta significativa la mejora obtenida al tener en cuenta la incertidumbre en el proceso de diseño.
- 5- 100% considera que el paquete de software QFT es intuitivo y fácil de usar a partir de los conocimientos disponibles.

Los resultados parecen indicar que la introducción del concepto de incertidumbre y robustez, de manera natural, desestructurada y mediante experiencias de laboratorio, es positivamente aceptada por los alumnos. Finalizada la práctica, la mayoría reconoce los posibles beneficios de este tipo de diseño y comprende los conceptos involucrados, aunque inicialmente no pueden valorar las ventajas de la metodología. Juega un rol muy importante lo amigable del software y la facilidad natural con que las actuales generaciones de estudiantes manejan este tipo de herramientas, aun desconociendo la teoría subyacente.

Desde el punto de vista formativo y según la opinión de los docentes, se reconocen los siguientes avances:

- Mediante el paradigma del aprendizaje por descubrimiento, la mayoría de los alumnos reconocen la incertidumbre propia de todo proceso de modelado y la asocian en este caso a una dispersión en la determinación de los parámetros del modelo.
- Se introduce naturalmente una metodología robusta, conceptualmente sencilla y básicamente gráfica, que amplía la visión de los alumnos en cuanto a las limitaciones propias del control clásico.
- Se orienta el aprendizaje hacia un conocimiento experto.
- Los alumnos observan que el diseño robusto, no necesariamente óptimo, se comporta razonablemente sobre todos los sistemas disponibles. Por otro lado, las simulaciones permiten verificar que las prestaciones del diseño por métodos clásicos son satisfactorias en cercanía de los parámetros tomados como base y se degradan rápidamente cuando estos se modifican, incluso violando en algunos casos las restricciones impuestas. Se resaltan las diferencias de comportamientos obtenidos a partir de la aplicación de ambos enfoques.
- Esta metodología de enseñanza, aprendiendo a través de observaciones y experiencias, es apreciada y valorada por los estudiantes facilitando la

comprensión de las ideas y conceptos que las sustentan.

- Se fomenta la utilización de un software libre interactivo. Se crea conciencia en relación a la importancia de la incorporación de este tipo de software a la enseñanza.

V. CONCLUSIONES

En este trabajo se describió una metodología didáctica implementada para un primer curso de grado de control, en la que se conjugan una experiencia de laboratorio y una herramienta de CAD interactiva. Se muestra que esta combinación habilita la introducción de conceptos no contemplados comúnmente como lo son el modelado con incertidumbre y su inclusión en el diseño. Se presenta como una alternativa accesible para abordar alguna de las limitaciones del control clásico que se hacen evidentes en la práctica.

La estrategia adoptada permite una mayor independencia y compromiso del alumno con su propio proceso de aprendizaje, favoreciendo su autonomía, fortaleciendo la habilidad para utilizar herramientas de diseño y apreciar las limitaciones de un modelo único.

Si bien hay diversos autores que presentan herramientas interactivas orientadas a facilitar este aprendizaje ([7], [26]), en este trabajo se aplica una en particular integrada como parte de una experiencia didáctica concreta en un curso de grado.

La teoría del control clásico junto con la asistencia del CAD sirven de base suficiente para la introducción informal de QFT y además permiten reforzar los conceptos subyacentes de respuesta en frecuencia.

Se destaca que el nivel de interactividad de SISO-QFTIT favorece en gran medida un mayor y más rápido nivel de entendimiento de la temática. Como los estudiantes están acostumbrados y naturalmente entrenados a este tipo de interacción, la propuesta es incorporada sin dificultades.

Se realizó una encuesta de percepción cuyos resultados indican el reconocimiento por parte de los alumnos de los efectos de la incertidumbre y buena aceptación general de la experiencia. Puede además interpretarse que la simplicidad del sistema permite obtener resultados aceptables aun con el diseño clásico. De todas formas se evidencia la potencialidad del método presentado.

Para finalizar, se menciona la importancia de disponer de software de libre distribución, bien diseñado para el aprendizaje y el desarrollo de competencias específicas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Universidad Tecnológica Nacional de la República Argentina por la subvención aportada a través del proyecto interinstitucional "Diseño QFT de controladores robustos para sistemas multivariados".

REFERENCES

- [1] G. Franklin, J. Powell y A. Emami Naeini, *Feedback Control of Dynamic Systems*. 7th ed. London: Pearson, 2014, pág.:389-393 y 525-528.
- [2] R. C. Dorf y R. H. Bishop, *Modern Control Systems*. 12th ed. New Jersey: Pearson Education, 2011, cap. 12.
- [3] K. Ogata, *Modern Control Systems*. 5th ed. New York: Prentice Hall, 2010, cap. 10.

- [4] F. Golnaraghi y B.C. Kuo, *Automatic Control Systems*. 9th ed. New York: Wiley, 2009 ; pág. 590-600.
- [5] J.M Díaz, S. Dormido y J. Aranda, SISO-QFTIT (2014) UNED [Online] Disponible: <http://ctb.dia.uned.es/asiq/qftit/principal.html>. Último acceso: en Mayo de 2014.
- [6] Y. Piguet, SysQuake: User's manual. Calerga. Lausanne Federal Polytechnic School Automatics Institute. 1999. [Online]. Disponible: www.calerga.com/products/Sysquake/. Último acceso en Mayo de 2014.
- [7] J. L. Guzmán, K. J. Åström, S. Dormido, T. Häggglund y Y. Piguet: "Interactive Learning Modules for PID Control". In 7th IFAC Symposium on Advances in Control Education, Madrid, Spain, June 2006.
- [8] I. M. Horowitz, *Quantitative Feedback Design Theory*- Denver: QFT Publishers , 1993.
- [9] H. Houppis, S. J. Rasmussen y M. García Sanz, *Quantitative Feedback Theory: Fundamentals and Applications*., Florida.: CRC Press, 2006.
- [10] O. Yaniv, *Quantitative Feedback Design of Linear and Nonlinear Control Systems*. Massachusetts: Kluwer Academic Publisher. 1999.
- [11] I. M Horowitz, "Fundamental theory of linear feedback control systems". *Trans. IRE on Auto. Control*, **AC-4**, pág: 5-19. 1959
- [12] P. Pahuja, S. Singh y H. Rai, "Design of robust position control of DC servo motor using QFT". *VSRD- Int. Jou. Electrical, Electronic ans Communication Eng.* Vol. 2. Nro. 3, 2012, pág.135-143.
- [13] P. Pahuja y H. Rai, "Design of robust control for perturbed systems using QFT". En 2nd *International Conference on Advanced Computing & Communication Technologies*. Haryana. Enero 2012, pág. 219-224.
- [14] V. K. Jadhav, C. Kadu y B. J. Parvat , "Robust controller design using quantitative feedback theory (QFT)". *International Journal of Computer Applications*. Vol. 47, nro. 7, Junio de 2012, pág. 9-13.
- [15] M. D. Patil y K. R. Kothawale, "Design of Robust PID Controller for Flexible Transmission System Using Quantitative Feedback Theory (QFT)". En *Advances in Computing, Communication and Control Communications in Computer and Information Science*. Vol. 125, 2011, pág. 479-485.
- [16] H. Mansor, A. Zaeri, S. Noor, R.Ahmad y F. Ali, "Design of QFT Controller for a Bench-Top Helicopter System Model". *Int. Jour. of Simulations, Systems, Science and Technology*. vol. 11, No. 5. Septiembre 2010, pág. 8-16. [Online] Disponible: <http://ijssst.info/Vol-11/No-5/paper2.pdf>. Último acceso en Mayo de 2014.
- [17] L. Meng y F. Diao, "QFT Fractional Order Controller for Non-minimum phase hydro power plant". *Proceedings of the 31st Chinese control conference*. Julio 2012, pág. 2743-2748.
- [18] P. O. Gutman, C. Baril y L. Neumann, "An algorithm for computing value sets of uncertain transfer functions in factored real form". *IEEE Trans. Automatic Control*, vol. 29, no.6, pág.: 1268-1273. 1995
- [19] S. Dormido, "The role of interactivity in control learning", *Int. Jou. Eng. Educ.* vol. 21, no. 6, pág. 1122-1133. Noviembre 2005
- [20] J. L. Guzman., R. Costa Castelló, S. Dormido, y M. Berenguel, "Study of fundamental control concepts through interactive learning objects". 18th IFAC World Congress. Milán. Italia, pág. 7286-7291 .Agosto 2011
- [21] M. Barreras, P. Vital y M. García-Sanz, "Interactive tool for easy robust control design," in *Proc. of the IFAC Internet Based Control Education* , Madrid , 2001, pág. 83-88
- [22] C. Borghesani, Y. Chait y O. Yaniv, *Quantitative Feedback Theory Toolbox for use with MATLAB*. The MathWorks Inc, Natick, MA, 1995
- [23] M. Garcia-Sanz, A. Mauch, y Ch. Philippe, The QFT Control Toolbox (QFTCT) for Matlab, CWRU, UPNA and ESA-ESTEC, Versión 3.31, Noviembre 2012. [Online]. Disponible: <http://cesc.case.edu/OurQFTCT.htm>. Último acceso Mayo de 2014.
- [24] R. Nandakumar y G. D. Halikias, "A new educational software tool for robust control design using the QFT method", en *Proc. of the 42nd IEEE Conference on Decision and Control* . Maui, Hawaii (USA), Diciembre 2003, pág. 803 -808.
- [25] B. Wittenmark, H. Häglund, H. y M. Johansson, "Dynamic pictures and interactive learning", *IEEE Control Systems Magazine*, vol. 18, no.3, pág. 26-32 .1998.
- [26] J. M. Díaz, S. Dormido y J. Aranda, "An interactive software tool to learn robust control design using the QFT methodology", *Int. Jou. Eng. Educ.*, vol. 23, -no. 5 pág: 1011-1023. Septiembre 2007.
- [27] P.N. Baldini, G.L. Calandrini, P.D. Doñate y H.R. Bambill, "Uso de Software Interactivo como Facilitador para la Introducción Temprana de Conceptos de Control Robusto". En XIX Congreso Argentino de Ciencias de la Computación. CACIC Octubre 2013. [Online] Disponible: <http://cacic2013.ucaecemdp.edu.ar/actas/actas.php> . Último acceso en Mayo de 2014.
- [28] P. N. Baldini, H. R.. Bambill, y P. D. Doñate, "Diseño de Controladores PID usando QFT: una propuesta Didáctica". XIV *Reunión de Procesamiento de la Información y Control*, UNER, Oro Verde, Entre Ríos, Noviembre 2011.

Patricia N. Baldini se graduó como Ingeniera Electricista en 1986 y como Ingeniera Electrónica en 1996 ambos en la Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina. Especializada en sistemas de control realimentado, desarrolla actividades de docencia e investigación en el tema. Es profesora adjunta en el área de Señales y Sistemas en el Departamento de Electrónica de la Facultad Regional Bahía Blanca de la Universidad Tecnológica Nacional y docente del área de Sistemas de Control del Departamento de Ingeniería Eléctrica y de Computadoras de la Universidad Nacional del Sur. Participa en grupos de investigación en control robusto y de programas de innovación docente. Desarrolla diversas actividades de gestión académica .

Guillermo L. Calandrini se graduó como Ingeniero Electrónico en 1996 y Doctor en Control de Sistemas en 2011, ambos en la Universidad Nacional del Sur (UNS), Bahía Blanca, Argentina.

Es profesor en el Departamento de Matemática de la UNS, en la asignatura "Funciones de Variable Compleja" y asistente de docencia en el Departamento de Ingeniería Eléctrica y de Computadoras de la UNS, en la asignatura. "Fundamentos de Control Realimentado". Ha participado en diversos proyectos de investigación sobre sistemas dinámicos y teoría de bifurcaciones.

Pedro D. Doñate se graduó como Ingeniero Electricista en 1983 y como Doctor en Ingeniería en 2004, ambos de la Universidad Nacional del Sur (UNS), en Bahía Blanca, Argentina.

Es profesor en el Departamento de Ingeniería Eléctrica y de Computadoras de la UNS trabajando en las temáticas de análisis circuital y procesamiento digital de señales. Dirige y ha participado de diversos proyectos de investigación, es autor de varios publicaciones y desarrolla diversas actividades de gestión académica y de extensión universitaria.

Héctor R. Bambill se graduó como Ingeniero Electricista en 1986 en la Universidad Nacional del Sur (UNS), en Bahía Blanca, Argentina. En esta Universidad ha sido docente y ha participado en proyectos de investigación en la temática de identificación y control de sistemas dinámicos, colaborando en la elaboración de varias publicaciones. Es profesor adjunto en el Departamento de Electrónica de la Facultad Regional Bahía Blanca de la Universidad Tecnológica Nacional en la asignatura "Física III". Participa en grupos de investigación en control robusto y de programas de innovación docente. y desarrolla diversas actividades de gestión académica.

Telechips: Promoviendo la Ingeniería en Telecomunicación entre los Jóvenes Estudiantes

Carmen Bachiller Martín J. Alberto Conejero

Title — Telechips: Promoting Telecommunications Engineering among Young Students.

Abstract—The study of Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) has suffered a strong decrease during the last decade in Western Countries. The causes of this decrease are very diverse, but it seems necessary to take actions to improve the perception that the future students have about these studies and to approach technology to high school classrooms. *Telechips* is a pool of activities designed for promoting the engagement of high school students for Telecommunication and Electronic Engineering in the UPV – Universitat Politècnica de València (Spain).

Index Terms—Information and Communication Technology, technological vocations, secondary and high school students, Telecommunications Engineering, scientific outreach activities.

I. INTRODUCCIÓN

DESDE la última década, el número de estudiantes de Ingeniería, particularmente los relacionados con las Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones (TIC), ha sufrido un fuerte descenso en Europa y también en España. Como muestra de ello, en 2010/11 se ha notado una reducción de cerca el 30% en el número de alumnos matriculados en el grados de Ingeniería de Telecomunicación y de Ingeniería Informática respecto del año 2000/01, [1].

A pesar de que el número de puestos de trabajo en el ámbito de las TIC's ha descendido un 10% en Europa en el período 2006/10, se espera que Europa requiera un millón de puestos de trabajo en dicho ámbito en un futuro próximo [2]. Más aún, es un hecho que un desarrollo importante en el ámbito de las TIC es crucial para afrontar una situación de crisis económica como la que se está dando en España en la actualidad, con una de las tasas de paro más altas de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo (OCDE), 25,2% en 2012 [3].

Sin embargo, dos de los principales factores que contribuyen a mantener esta situación, e incluso la empeoran, son la propia configuración de los estudios de secundaria y de bachillerato y la percepción que los alumnos en dichas etapas tienen respecto de los estudios de tecnología. Por otra parte, después de la educación secundaria obligatoria en España, los estudiantes deben elegir una de las tres opciones que tienen para cursar el bachillerato: Artes, Humanidades y Ciencias Sociales, y Ciencia y Tecnología, [4], [5]. En un número considerable de centros los itinerarios de Ciencia y Tecnología no se encuentran suficientemente dotados debido a la falta de recursos materiales (un laboratorio es bastante más caro que una clase convencional). Más aún, los contenidos de Tecnología e Informática son en muchos casos optativos y menos extensos que en las décadas de los 90's y los 2000's, previos a la actual reforma educativa. A pesar de que ha habido un incremento del 35% en el presupuesto de educación en España con respecto al año 2003, los resultados en Matemáticas en las pruebas de evaluación del programa PISA son similares, y sólo han mejorado ligeramente en Ciencias [6].

C. Bachiller pertenece al Departamento de Comunicaciones, Universitat Politècnica de València, Valencia, E-46022, ESP, email: mabacmar@dcom.upv.es

J. Alberto Conejero pertenece al Instituto Universitario de Matemática Pura y Aplicada, Universitat Politècnica de València, Valencia, E-46022, ESP, email: aconejero@upv.es

A este escenario se añade que los estudiantes tienen en general una percepción negativa de los estudios tecnológicos: son difíciles y no muy bien pagados para la dedicación que requieren [7]. A pesar de que en España el número de compañías tecnológicas es suficiente para absorber a los graduados universitarios (sólo un 7,6% de los Ingenieros de Telecomunicación están desempleados y un 1,4% está buscando su primer empleo [8]) algunos de ellos deciden buscar trabajo en el extranjero para obtener una mayor retribución.

Finalmente, aunque no menos importante, se da la circunstancia de que socialmente se percibe a los profesionales del ámbito de las TIC como *frikis*; la televisión y los medios los representan como gente extraña y divertida, sin glamour, simplemente se puede hacer una comparación entre los personajes de *The Bing Bang Theory* y de *CSI* [9], [10], y en ambos casos son científicos [11], [12]. La situación es incluso peor que si se les compara con la imagen de otros profesionales como abogados, médicos o agentes de bolsa. Además, los estudios de las TIC son menos atractivos para las chicas, ya que sólo de un 10% a un 20% de los estudiantes de titulaciones de las TIC son chicas, y estos datos siguen sin mejorar a lo largo del tiempo, véase también [13], [14].

Independientemente de los grandes números y cómo el desarrollo de un país se ve afectado por la dramática caída del número de las vocaciones tecnológicas, los centros universitarios que ofrecen titulaciones de ingenierías están sufriendo un descenso del número de vocaciones en este ámbito. Estos centros tienen que competir para atraer a los estudiantes de las opciones de Ciencias y Tecnología del Bachillerato, y, si es posible, atraer a los estudiantes con las mayores notas de acceso a la universidad de entre todos ellos. La nota de acceso a la universidad del año anterior y el número de preinscripciones son dos criterios importantes utilizados por los administradores de centros públicos y privados para dotar a los centros y titulaciones. Estas políticas están afectando a los estudiantes de titulaciones TIC en España, donde además la proporción de la población que completa con éxito la educación secundaria obligatoria está por debajo de la media europea [15].

No obstante, instituciones tanto regionales, nacionales como europeas han tratado de revertir esta situación. Numerosos programas para promover las vocaciones relacionadas con las disciplinas STEM se han desarrollado durante los últimos años. Estos programas se suelen poner en marcha en las universidades, que cuentan con muchos profesores bien formados y motivados que los implementan. En la medida de lo posible el apoyo de las empresas y del sector industrial a estos programas es bien recibido.

El efecto combinado de la necesidad de atraer a los estudiantes hacia los estudios de Ingeniería en Telecomunicación, disponer a profesionales bien formados en la docencia y en la investigación, y el apoyo del gobierno regional para desarrollar actividades de orientación universitaria, permitió a la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación de la UPV (ETSIT) poner en marcha una serie de actividades de divulgación científica dirigidas a estudiantes de 15 a 17 años,

así nacieron los *Telecochips*.

Las razones por las que un estudiante de bachillerato se decide por unos estudios y no por otros son muy diversas (vocación, empleabilidad y retribución económica, capacidad y habilidad en ese campo, conocimiento de los estudios, reconocimiento social, ubicación geográfica, tradición familiar...) y complejas. Este trabajo no pretende ser un estudio de las mismas, ni tampoco dar solución al problema de pérdida de vocaciones tecnológicas que se viene observando desde hace más de una década en todos los países occidentales. Lo que pretendemos es dar a conocer una actividad de divulgación realizada a nivel regional, que ha resuelto con éxito una serie de problemas logísticos inherentes a estas actividades y que ha tenido muy buena acogida entre su público objetivo: los estudiantes y profesores de secundaria y bachillerato. El trabajo presenta una serie de "buenas prácticas" en este tipo de acciones, como son la elección de las actividades, las fechas o el protocolo para informar a los centros de secundaria, la planificación de su visita y la gestión de la asistencia.

El artículo muestra un ejemplo del estado del arte de este tipo de prácticas en otras universidades; sigue con la presentación de los objetivos esperados de la actividad, la descripción de cómo se llevó a cabo la misma y el diseño de las actividades (talleres y conferencias) que se ofertaron a los estudiantes visitantes, por último se desarrollan los resultados del estudio y las conclusiones del mismo.

II. FOMENTO DE LAS DISCIPLINAS STEM

El fomento y divulgación de la ciencia y de la tecnología tiene una larga tradición, no únicamente en el ámbito universitario sino también a cargo de sociedades científicas y de otras instituciones públicas. En España esta tarea la ha venido impulsando en buena medida la Fundación Española para la Ciencia y Tecnología (FECYT). Los objetivos más importantes que se plantean las universidades con estas iniciativas son la promoción del conocimiento científico en su ámbito de influencia así como la captación de futuros alumnos para las titulaciones que imparte.

Inicialmente estas actividades consistían en conferencias o lecciones magistrales, para ir pasando después a ferias y competiciones científicas, donde se deseaba reconocer a los alumnos más brillantes y talentosos. Posteriormente se implementaron actividades más accesibles que pudieran despertar el interés de un número mayor de alumnos, como es el caso de los talleres y de algunos campus de verano. En los talleres no sólo se ofrece la información nueva al alumno, sino que además se desea que se experimente con estos contenidos. Esta transición ha sido similar a la que viene llevándose a cabo, de un tiempo a esta parte, en las aulas de nuestros centros educativos, donde se ha pasado de centrarse exclusivamente en el "conocer" para pasar al "conocer y al saber hacer".

Telecochips se puede enmarcar dentro de estas últimas acciones de difusión y captación. En particular, está dirigido a estudiantes de secundaria y bachillerato, que tarde o temprano deben decidir si continúan o no sus estudios en una universidad, y en el primer caso en qué grado desean matricularse. No existe una única manera de configurar estos programas ni un perfil exacto de los estudiantes a los que dirigirlos. Por ejemplo, pueden ser dirigidos a alumnos de 3º de la Educación Secundaria Obligatoria (ESO) en adelante, llegando en algunos casos al primer año de universidad con el fin de disminuir el abandono de la titulación. Se pueden estructurar de manera diversa, desde cam-

pus semanales a conferencias y visitas a las escuelas. Algunos ejemplos de programas con objetivos similares pueden encontrarse referenciados en la literatura reciente en [16], [17], [18].

III. RESULTADOS ESPERADOS

Los resultados esperados de los Telecochips son los siguientes:

1. Incrementar el interés y la motivación por las titulaciones relacionadas con las STEM, en particular con la Ingeniería en Telecomunicación.
2. Cambiar la percepción de los estudiantes de secundaria y de bachillerato en relación con los estudios y profesiones relacionadas con las STEM.
3. Promover los estudios de Ingeniería en Telecomunicación, la Escuela y la Universidad entre los estudiantes de secundaria y de bachillerato
4. Ofrecer orientación académica en relación con las oportunidades profesionales vinculadas a la Ingeniería en Telecomunicación con el fin de influir en el futuro profesional de los estudiantes.
5. Trabajar de manera más próxima con los profesores de los centros de secundaria y bachillerato dotándoles de herramientas y material adicional para el estudio y la posterior continuación en el aula.

Como puede verse son objetivos amplios y difícilmente medibles de forma objetiva, ¿cómo se promueven unos estudios universitarios entre una población adolescente? y ¿cómo medir si esa promoción ha sido efectiva? Como forma de medirlos se elaboró una encuesta de satisfacción de la actividad, pero con ella únicamente se pretendía evaluar si la actividad, que era la primera vez que se efectuaba resultaba satisfactoria y motivadora para los estudiantes de secundaria. La forma de medir el impacto de la actividad se hizo mediante el seguimiento de esos alumnos al cabo de varios años.

El programa se ofrecía como una introducción a la tecnología, para algunos estudiantes quizá su primera toma de contacto con ella, por tanto no se requería que los estudiantes que participaban en el programa tuvieran que demostrar sus habilidades sobre contenidos relacionados con las STEM. Las actividades propuestas no tenían por qué estar vinculadas de alguna manera con el currículum de los estudiantes participantes en el programa. No obstante, el programa aportaba herramientas y contenido para permitir que los interesados pudieran profundizar tras la visita a la Escuela. Más aún, el programa fue concebido para que los participantes aprendieran y se divirtieran, como una primera aproximación a algunos conceptos tecnológicos, herramientas y sistemas de la Ingeniería en Telecomunicación, por lo que los estudiantes no tenían que mostrar sus competencias en trabajo en equipo, comunicación de resultados, diseño y desarrollo de proyectos, etc.

IV. LA EXPERIENCIA

Desde 2007 algunos profesores de la ETSIT han venido experimentando con las posibilidades del uso de la música electrónica en la enseñanza de la Ingeniería de Telecomunicación para explicar conceptos complejos como la superheterodinización, la radiación, el filtrado, etc [19], [20], [21]. Se dieron cuenta de que era mucho más atractivo para los estudiantes, que se sentían motivados por la aplicación de sus estudios a un campo, aparentemente lejano de éstos, como es la música. El descubrimiento de este fenómeno condujo a los profesores al uso de la música electrónica para llamar la atención de los estudiantes de bachillerato, que podrían sentirse

así atraídos para elegir los estudios en Ingeniería de Telecomunicación. De esta manera, se crearon una serie de talleres informativos sobre música electrónica para alumnos de secundaria y de bachillerato. Estos talleres se han venido impartiendo desde 2008 de diversas formas: como una conferencia acompañada de un concierto, como un taller interactivo o como una *jam session*. Se han celebrado más de 15 de estos eventos a los que acudieron más de 600 estudiantes. En 2011, animados por el éxito de los talleres de música electrónica, la ETSIT ofreció una serie de conferencias divulgativas y talleres a alumnos preuniversitarios de entre 15 y 17 años acerca de las diversas áreas de estudio e investigación relacionadas con la propia Escuela.

Los Telechips están basados en estas actividades, pero su alcance es mucho más amplio. Las acciones de captación usuales van dirigidas a los alumnos que se encuentran en el último curso de bachillerato y ciclos formativos de grado superior, pero a esas alturas la mayoría de los alumnos han decidido cuál es el tipo de estudios que prefieren, si es que desean continuar estudiando. Por tanto, nos centramos principalmente en estudiantes de cursos anteriores que en la medida de lo posible estuvieran a punto de tener que elegir un itinerario de bachillerato o unas optativas del último año, véase también [22].

El nombre de Telechips es un juego de palabras. Por una parte intentan ser como un aperitivo, como los chips (patatas fritas), de los estudios de Ingeniería en Telecomunicación, pero por otra también se refieren al contenido propiamente dicho, ya que estas actividades son como chips (en sentido tecnológico) que un estudiante debe integrar para ser un Ingeniero en Telecomunicación. Los Telechips han recibido el respaldo y financiación de la UPV, de la *Fundación para la Calidad en la Educación* (FUNCAE) de la Conselleria d'Educació de la Generalitat Valenciana y del proyecto E-Skills de la Unión Europea.

Para la organización de la actividad se contactó con profesores, investigadores y estudiantes de la Escuela que quisieran mostrar sus actividades a estos alumnos preuniversitarios. Estos alumnos y profesores presentaron propuestas de conferencias o talleres, de manera completamente voluntaria y sin remuneración. Una mención especial debemos hacer a los alumnos de la asociación IEEE de los últimos cursos de nuestra Escuela, que presentaron dos talleres y una conferencia, así como a los investigadores del Laboratorio Europeo de Alta Potencia en Radiofrecuencia de la Agencia Espacial Europea en Valencia (VSC-ESA), quienes impartieron una conferencia. Los proyectos abarcaban diversas áreas de las Telecomunicaciones: el uso de tecnología electrónica en la música, la visión por computador, el nacimiento de la radio, la filosofía "*Do it yourself*", la inseguridad en redes inalámbricas, las comunicaciones vía satélite, el procesado de las señales del lenguaje de los animales y el desarrollo humano sostenible.

Diseñando el programa intentamos integrar las fortalezas locales en el mismo: profesores y alumnos de la ETSIT participaron en el programa. Recursos locales muy conocidos como el VSC-ESA y el acuario de la ciudad, el *Oceanogràfic*, fueron también incluidos. Asimismo, tomamos en consideración la muy reconocida tradición musical de Valencia y su región, ya que un número significativo de alumnos de la Escuela toca algún instrumento musical.

Dado que los contenidos cubrían un amplio espectro de temáticas, una opción era diseñar un campus de varios días de duración, pero en este caso el número de estudiantes que podría verse beneficiado por la actividad sería muy limitado. Es por ello que decidimos repartirlos en diversas jornadas y que cada

una de ellas constara de una conferencia y dos talleres, que se desarrollarían durante una mañana completa, de 9:00 a 14:00 horas. Dos grupos de estudiantes asistirían a cada sesión. La jornada comenzaría con una conferencia conjunta y posteriormente los grupos se separarían para atender cada uno de ellos a uno de los talleres previstos. La conferencia no debía ser muy larga, de unos 45 minutos como máximo y sus contenidos debían estar adaptados al nivel académico de los estudiantes asistentes. Se esperaba que los estudiantes pudieran aprender de las conferencias y que éstas no tuvieran únicamente un carácter promocional de los estudios ofertados.

Los talleres debían ser más largos, de unas 3 horas y 30 minutos, e interactivos, incluyendo un cierto tiempo para que los alumnos pudieran tomarse un par de descansos. La idea de separar a los estudiantes que nos visitaban en 2 grupos es únicamente por una cuestión de atención: un taller está pensado para grupos pequeños, de unos 10 a 20 estudiantes como máximo, pero una conferencia puede seguir siendo aprovechada de manera óptima aunque el número de asistentes sea muy superior. De la misma manera, estas jornadas fueron diseñadas para permitir la interactividad con los estudiantes por medio de algunas actividades de manipulación y experimentación. Como hemos comentado con anterioridad en algunas ocasiones, se contaba con la colaboración regular de alumnos de la Escuela. Consideramos que la participación de los alumnos de la Escuela en estas actividades puede contribuir también a su formación. Más aún, los asistentes a las jornadas pueden encontrar a los alumnos de la ETSIT mucho más próximos que a los profesores, debido a que existe una menor diferencia de edad entre los unos y los otros.

El dossier del proyecto fue enviado al Vicerrectorado de Alumnado y Extensión Universitaria de la UPV que no sólo mostró su apoyo si no que nos puso en contacto con la FUNCAE. Fue esta institución quien se encargó de la difusión del proyecto entre los institutos de secundaria y bachillerato y la gestión de las visitas, como parte de las actividades llevadas a cabo en su programa de orientación. Telechips también contó con el apoyo del Proyecto de la Comisión Europea E-Skills Week [23], cuyo objetivo es promover el estudio de la tecnología de las comunicaciones y la información entre los jóvenes.

El dossier de la actividad, junto con una carta de invitación, fue enviado a más de 200 institutos en un radio de 60 km. La FUNCAE se encargó de la logística: envío de los dossiers, gestión de las visitas, permisos, horarios, etc. La ETSIT se encargó de la organización técnica de la actividad: laboratorios, materiales, ponentes, etc. Los institutos participaron en la actividad sin coste, únicamente debían acudir a la ETSIT que es donde se realizaron los talleres y conferencias. En principio se ofertaron 6 días para la actividad: 19, 20 y 21 de diciembre de 2011 y 4, 5 y 6 de abril de 2012, pero hubo de ampliarse a un día más, el 17 de abril, por la gran demanda que hubo. La elección de las fechas es muy importante para asegurarnos el éxito de este tipo de actividades, dado que los profesores de instituto no suelen cambiar su planificación de actividades, por lo que elegir los últimos días de cada trimestre (antes de Navidad o de las vacaciones de Pascua en nuestro caso), cuando los contenidos a impartir y las evaluaciones se han realizado, es la mejor opción. Además hay que informar a los institutos de secundaria acerca de la actividad con suficiente antelación, cuando el curso comienza es la mejor opción, para que puedan incluirla en su planificación de actividades del curso. El número de sesiones también es importante ya que debe haber un número su-



Figure 1. Cuadernillo de trabajo.

ficiente para cubrir las necesidades de los centros de secundaria que desean acudir a las distintas conferencias y talleres. En este caso 7 sesiones fueron necesarias para cubrir la demanda.

Se apuntaron un total de 492 estudiantes, con edades de entre 15 y 17 años, y 26 profesores de secundaria, de las materias de Tecnología, Física, Matemáticas y Música. Aunque el número de los que asistieron finalmente fue diferente.

Como material adicional se elaboró un cuaderno, véase la Figura 1, con información sobre cada conferencia y cada taller, y con actividades suplementarias que sirvieran para que los estudiantes profundizaran después del evento. 700 copias impresas de estos cuadernos fueron repartidas a los asistentes y a los centros de secundaria que mostraron interés pero que finalmente no pudieron asistir.

Además se creó una página web, <http://museotelecomvlc.etsit.upv.es/telecochips>, Figura 2, donde se subió la misma información que estaba disponible en el cuaderno. Dicho cuaderno se ha descargado más de 1000 veces desde entonces. En la web también se incluyó información audiovisual. Cada conferencia y cada taller fueron grabados en vídeo y se creó un canal de YouTube donde se subieron. Para la grabación de los vídeos hubo que contar con el consentimiento expreso de los padres de los estudiantes asistentes (que obviamente eran menores de edad), por tanto fue necesario gestionar ese consentimiento antes de empezar los talleres.

Además las presentaciones utilizadas por los profesores fueron subidas a un canal de Slideshare. De esta manera cualquier visitante tenía a su disposición todo el material necesario para seguir el desarrollo de cada proyecto con posterioridad a la celebración de las jornadas.

El proyecto Telecochips únicamente pudo realizarse durante un curso académico, por varios motivos: la FUNCAE, la entidad del gobierno autonómico que nos dió apoyo logístico y acceso a los institutos de secundaria, fue desmantelada debido a la situación de crisis económica, su actividad fue absorbida por otras entidades o desapareció; además las actividades se realizaban por profesores y alumnos voluntarios de la ETSIT,



Figure 2. Web TelecoChips.

dado que estas actividades no se reconocen como parte de la actividad docente/investigadora del profesor, ni forman parte del curriculum del alumno, y conllevan un tiempo considerable de dedicación, los voluntarios escasearon a la hora de implementar una segunda edición, parte de la actividad de los Telecochips fue absorbida por la Universidad en sus programas Semana de la Ciencia y Praktikum [24]. Afortunadamente, recientemente se ha reactivado la iniciativa, esta vez relacionada con las actividades del Museo de la Ciencia de Valencia [25] aprovechando la exposición Comunicando sobre historia de la Telecomunicación, que se alberga en el Museo desde diciembre de 2014 hasta diciembre de 2015. En esta edición se van a realizar 5 de los talleres de Telecochips, en 5 fechas a lo largo del año.

Uno de los principales inconvenientes de este tipo de actividades es logístico: es preciso disponer de un espacio habilitado para la realización de los talleres, publicitarlos, contactar con los institutos de secundaria para gestionar la asistencia, preparar material adicional para que el taller resulte más interesante... estas actividades necesitan un equipo de personas dedicado y un mínimo presupuesto asignado.

V. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES

Los talleres y conferencias estuvieron a cargo de profesores universitarios, investigadores y estudiantes. Ambas actividades estaban divididas en cuatro fases: una introducción proporcionada en el libro y en la web, el taller/conferencia con una explicación de los profesores, las actividades asociadas a la que los estudiantes asistieron y las propuestas de actividades posteriores, que se especifican tanto en la web como en el cuadernillo de trabajo. La idea detrás de estas actividades propuestas es que los estudiantes de secundaria pudieran profundizar en la experiencia y el conocimiento que consiguieron después de asistir a las sesiones. Dado que las actividades propuestas son autoexplicativas, pueden trabajar en ellas en el aula o en casa con el apoyo del material audiovisual ofrecido por el sitio web Telecochips.

A. Talleres

A continuación se incluye una breve descripción de cada uno de los 5 talleres que se ofrecieron a los estudiantes.

Nacimiento de la Radiocomunicación. El taller proponía un recorrido por la historia de la ciencia que dio lugar al nacimiento de las radiocomunicaciones. En el taller se construyó un circuito de oscilador simple que producía corriente de RF acoplada a una antena para generar la radiación electromagnética de radiofrecuencia. Además al interrumpir esta corriente se conseguía un sistema de transmisión telegráfica a partir de nuestro simple generador experimental de radiofrecuencia. Con un receptor bien sintonizado se desarrolló un demostrador completo y sencillo de un sistema de radiocomunicación. Los estudiantes tuvieron la oportunidad en este taller de construir su propio transmisor teleográfico y usarlo para enviar algunos mensajes Morse a través de la radio.

Inseguridad en redes inalámbricas. En este taller se abordaron las vulnerabilidades de seguridad en las redes inalámbricas. Se discutió acerca de cómo proteger las redes domésticas y corporativas, así como la forma en que un potencial atacante podría acceder a ellas. También se presentó la seguridad en los controles de acceso y las redes inalámbricas comunes, y se hizo un estudio de las acciones que, una vez dentro, se podrían llevar a cabo, y de algunas contramedidas eficaces contra un posible ataque. Todo el proceso se ilustró con varios estudios de casos y ejemplos en vivo con las simulaciones de escenarios típicos. Por último, los asistentes tuvieron la oportunidad de probar la efectividad de varios protocolos de seguridad en diferentes despliegues de ISP. Este taller se llevó a cabo por un estudiante que actualmente está en el Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación de la ETSIT.

Uso de la tecnología electrónica en la música. El taller proponía un recorrido práctico por la historia del uso de la tecnología electrónica en la creación musical utilizando como punto de partida un theremin, considerado el primer instrumento musical electrónico de la historia, y llegando hasta nuestros días. En el recorrido se analizaron los inicios de la electrónica de estado sólido, que reemplazó a la electrónica basada en válvulas de vacío [26]. Hacia el final del recorrido se trató la utilización de la electrónica digital y el procesamiento de señales en tiempo real en la creación de nuevos instrumentos musicales y de un nuevo lenguaje creativo. Y lo más interesante fue comprobar cómo muchas técnicas y algoritmos utilizados en este campo creativo pertenecen al mundo de las telecomunicaciones. Los alumnos tuvieron la posibilidad de montar un theremin, tocar un tenori-on, mezclar su propia voz o hacer música con una Nintendo, como se muestra en la Figura 3. **Filosofía "Do It Yourself"**. "DIY" que significa "hazlo tú mismo" es un término usado para describir la construcción, modificación o reparación de algo sin la ayuda de expertos o profesionales. Esta tendencia está en auge debido al marco económico actual. Se pretendió tratar esa filosofía desde un punto de vista tecnológico, basándose en varias ramas de las telecomunicaciones. Por ejemplo se habló de cómo abordar la obsolescencia programada de las impresoras o el desbloqueo de funciones ocultas en televisores de nueva generación. Se intentó despertar el espíritu investigador de los alumnos a través de la curiosidad brindándoles puntos de partida para encontrar este tipo de información.

Durante el taller se mostraron ejemplos concretos de equipamiento casero, y modificaciones de aparatos, así como actividades que pudieran hacer los alumnos en sus casas. Este taller fue ofrecido por dos estudiantes que actualmente están en el Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación de la ETSIT.



Figure 3. Estudiantes tocando un tenori-on.

Aplicaciones de la visión artificial. La visión artificial es la rama de la Ingeniería de Telecomunicación que se encarga de obtener información de distinto tipo a partir de imágenes y vídeo. La visión artificial se fundamenta en diversas disciplinas tales como la programación de ordenadores, la geometría, la física, las matemáticas y el procesamiento de señal. En este taller se presentaron algunas de las aplicaciones posibles hoy en día de la visión artificial en campos tan variados como el análisis del tráfico, la videovigilancia o el conteo de personas. Durante el taller se mostró el funcionamiento en tiempo real de todas las aplicaciones, y los alumnos tuvieron la posibilidad de utilizar diversos tipos de cámaras especiales como las estereoscópicas, las cámaras térmicas, o las cámaras 3D, tal como se muestra en la Figura 4.

B. Conferencias

La experiencia se completó con tres conferencias, cuyos resúmenes se muestran a continuación.

¿Funcionará en el espacio? Los sistemas de radiofrecuencia desempeñan un papel fundamental en las aplicaciones espaciales. Resultan imprescindibles para comunicarse con el satélite y para recibir los datos generados, pero también constituyen la base de los sistemas globales de telecomunicaciones y de navegación. Durante la conferencia se presentó el Laboratorio Europeo de Alta Potencia en Radiofrecuencia VSC-ESA [27] así como las actividades que desarrolla (investigación y medidas relacionadas con el fenómeno de ruptura por radiofrecuencia e intermodulación pasiva), de forma didáctica y comprensible. Se mostraron así mismo diversos vídeos del laboratorio y sus experimentos.

Entendiendo el lenguaje de los cetáceos. Durante la conferencia se mostraron los principales resultados de investigación en bioacústica submarina de cetáceos (ballenas beluga y delfines principalmente). Los asistentes pudieron ver cómo las técnicas de procesamiento de señal y de reconocimiento de audio, típicamente empleadas en el procesamiento de la voz humana, pueden emplearse con éxito para detectar analizar y clasificar los sonidos emitidos por cetáceos.

Se ilustró la charla con algunos ejemplos, como el de un sistema capaz de monitorizar de forma automática el grado de bienestar de las ballenas beluga a través de su tasa de vocalizaciones. A las belugas se las conoce como 'los canarios del mar' porque les encanta cantar. Tienen un repertorio completo de chasquidos, silbidos, gorgeos y 'risas' que se oyen dentro y fuera del agua, incluso a través del casco de los barcos. Las belugas son muy populares y queridas en Valencia y son los animales más visitados en el acuario de la ciudad [28]. Al finalizar la charla se propuso como actividad la escucha de una serie de sonidos de ballenas beluga y delfín mular, así como la visual-



Figure 4. Preparando una grabación de vídeo en 3D.

ización de los diagramas tiempo frecuencia mediante un editor de audio libre.

Las TICs y el desarrollo humano sostenible. La conferencia pretendió realizar una breve introducción y una toma de contacto con algunos aspectos de la cooperación para el desarrollo, con el fin de entender lo que significa el desarrollo humano sostenible. También se discutió acerca de las principales causas de pobreza y desigualdad en el mundo, así como el impacto que las actividades humanas tienen sobre el planeta. A continuación se abordó el gran potencial que tiene la telecomunicación para reducir desigualdades, y se propusieron ejemplos de uso apropiado e inapropiado de esas tecnologías para la promoción del desarrollo humano sostenible. En este contexto introducimos el concepto de tecnología apropiada, el cual ayuda a reflexionar sobre el tipo de tecnología que mejor se adapta a la aplicación para la resolución de problemas en cada entorno particular.

VI. RESULTADOS

Para el análisis de resultados de esta actividad es preciso considerar que el objetivo deseado de la misma tiene que ver con la matrícula de nuevos estudiantes y con la mejora de la percepción de los estudios STEM entre los alumnos de educación secundaria. Con esto en mente se procedió a evaluar hasta qué punto la actividad había cumplido con los objetivos.

Actualmente existen instrumentos específicos para evaluar la innovación en educación secundaria, tanto para alumnos de nuevo ingreso como para estudiantes veteranos, por ejemplo el consorcio Transferable Integrated Design Engineering Education (TIDEE) [29] ha desarrollado herramientas de evaluación para el diseño de experiencias de trabajo en equipo desde diferentes facetas: el conocimiento del estudiante, el desarrollo de la actividad y el impacto en sus estudios. Además otras iniciativas como E-Skills[30] han creado herramientas para confeccionar un perfil profesional o para evaluar las competencias, actitudes y habilidades de los estudiantes para convertirse en profesionales TIC. Sin embargo ninguno de esos instrumentos se adapta a la actividad propuesta, así que se desarrolló una evaluación "ad hoc", esta decisión se vio reforzada por el hecho de que actividades similares [16], [17], [18] también desarrollaron encuestas "ad hoc" para estudiar su impacto.

Finalmente 14 institutos de secundaria y bachillerato participaron en el proyecto, con 480 estudiantes y 36 profesores. Se sondeó la opinión de los asistentes con la siguiente encuesta, a la que respondieron 230 estudiantes y 14 profesores de 7 institutos diferentes.

Se hicieron las siguientes preguntas a los estudiantes:

- Preguntas relacionadas con el Objetivo 1
 1. ¿Qué es lo que más te ha gustado de la jornada?

Los alumnos valoraron como más positivo la parte práctica de los talleres sobre las explicaciones teóricas, también la capacidad de los ponentes y las instalaciones de la Universidad.
 2. ¿Recomendarías participar en este tipo de actividades a tus compañeros?

El 96 % de los estudiantes recomendarían este tipo de actividad a sus compañeros.
 3. ¿Estarías dispuesto a participar en iniciativas similares en el futuro? Explica por qué.

El 78% de los estudiantes estarían dispuestos a participar en tales iniciativas en el futuro, aunque no explican por qué lo harían.
 - Preguntas relacionadas con el Objetivo 2
 1. ¿Cuál es tu opinión general de la jornada?

Un 13 % de los alumnos consideraron muy positiva la jornada, el 63 % la consideraron positiva, únicamente un 4% y un 1% la consideraron negativa o muy negativa respectivamente.
 2. ¿Cuál es tu opinión de la conferencia a la que asististe?

La valoración media de las conferencias ha sido de 3,55 puntos sobre 5.
 3. ¿Cuál es tu opinión del taller en el que participaste?

La valoración media de los talleres ha sido de 4,1 puntos sobre 5.
 4. Evalúa las explicaciones de los profesores de la ETSIT.

Los profesores han sido evaluados con 4,1 puntos sobre 5.
 - Preguntas relacionadas con el Objetivo 4
 1. ¿Crees que haber asistido a este tipo de actividad puede ayudarte en tu futuro académico?

Un 26 % de los asistentes piensa que estas jornadas pueden tener un impacto muy alto sobre su futuro académico, un 33 % piensa que el impacto puede ser alto, mientras que un 10 % y un 6 % piensan que el impacto puede ser bajo o muy bajo respectivamente.
 - Indica sugerencias para mejorar la actividad.

Las principales sugerencias de mejora que se indicaron son: conferencias más cortas, mayor interactividad, más práctica por parte de los alumnos, asistencia a todos los talleres, pasar todo el día en la universidad y hacer más talleres a lo largo del año.
- Los profesores contestaron diferentes preguntas de la encuesta:
- Preguntas relacionadas con el Objetivo 1
 1. ¿Crees que el contenido de estas jornadas es apropiado para alumnos de esta edad?

El 21 % de los profesores consideraron los contenidos muy apropiados, el 43 % los consideraron apropiados, sólo un 14 % los consideraron poco apropiados y nadie los consideró inapropiados.
 2. ¿Crees que este tipo de actividad es motivadora para los alumnos y puede ayudar en tu trabajo diario en el instituto?

El 22 % de los profesores consideraron la actividad muy motivadora, el 64 % la consideró motivadora, nadie la consideró poco motivadora ni desmotivadora.
 - Preguntas relacionadas con el Objetivo 2
 1. ¿Cuál es tu opinión general de la jornada?

El 29 % de los profesores consideraron la jornada muy

positiva, el 50 % la consideró positiva, sólo un 7 % la consideró negativa y nadie la consideró muy negativa.

2. ¿Cuál es tu opinión sobre la conferencia a la que has asistido?

Las charlas se han valorado con una media de 3,7 puntos sobre 5.

3. ¿Cuál es tu opinión sobre el taller en el que has participado?

Los talleres han tenido una valoración de 4,3 puntos sobre 5.

4. ¿Cuál es tu opinión sobre la intervención de los profesores de la ETSIT?

Los ponentes han sido valorados con 4,2 puntos sobre 5.

- Preguntas relacionadas con el Objetivo 5

1. ¿Cómo evalúas la duración de la jornada?

El 72 % del profesorado consideró la duración adecuada, mientras que un 14 % la consideró breve y otro 14 % extensa

2. ¿Cómo evalúas en conjunto la organización de la jornada?

La organización fue evaluada como muy buena por un 7 % de los profesores, buena por el 50 %, únicamente el 7 % la consideró mala y nadie la consideró muy mala.

3. ¿Cambiarías algún aspecto del desarrollo de la jornada? Si es así, indica cuál o cuáles.

Como aspectos a mejorar se indicaron los siguientes: aumento de la participación de los alumnos, posibilidad de asistir a los dos talleres el mismo día, charlas más cortas, disponer del material con anterioridad, menor nivel técnico, mayor práctica e interacción y enseñar más experimentos.

4. ¿Estarías dispuesto a participar en iniciativas similares en el futuro? Comparte tus motivos.

Todos volverían a participar y encontraron la experiencia interesante y motivadora.

De las respuestas de los asistentes, ambos estudiantes y profesores, se pueden sacar las siguientes lecciones: las actividades deberían tener una duración más amplia a lo largo del curso, con más sesiones, o incluso con un programa de actividades periódicas; la interactividad de un taller está mejor calificada que la pasividad de una conferencia, los estudiantes y sus profesores están más interesados en experimentar la ciencia que en que les cuenten sobre ciencia; la actividad debe realizarse en las instalaciones de la universidad, los estudiantes valoran muy positivamente tener la oportunidad de visitar el campus, así que el escenario es importante.

Para evaluar el Objetivo 3, el proyecto Telecochips hizo un seguimiento de los 480 estudiantes que asistieron a la experiencia, de estos estudiantes 158 pertenecían a primer curso de Bachillerato (16-17 años), mientras que 322 eran de 4º curso de Educación Secundaria Obligatoria ESO (15-16 años). Para los estudiantes de Bachillerato el curso 2013-14 fue su primer curso en la universidad, para los de 4º de Educación Secundaria Obligatoria éste sería el curso 2014-15. Se presenta el análisis separado, ya que los alumnos de 1º de Bachillerato acceden masivamente al sistema universitario, mientras que los alumnos de 4º de la ESO pueden optar por acceder a la universidad o por abandonar los estudios cuando acaban la Educación Secundaria Obligatoria. En este estudio se presentan los porcentajes de asistentes que luego optaron por la UPV como universidad para hacer los estudios, y de éstos, aquellos que optaron por la rama TIC, es decir estudios que engloban tecnologías de

la información y las comunicaciones, entendiendo que el posible impacto de una actividad motivadora de estas características puede llevar a los alumnos a decidirse por cualquier carrera de esta rama, no sólo por Ingeniería de Telecomunicación.

De los alumnos de 1º de Bachillerato 67 accedieron a la Universidad Politécnica de Valencia (un 42,4%), de los cuales 16 (un 23,8 %) optaron por la rama TIC de estudios en la UPV, desconocemos si los alumnos que no accedieron a la UPV accedieron a otra universidad o abandonaron los estudios. De los alumnos de 4º de secundaria, sólo 60 (un 18,6 %) estudian actualmente en la UPV y, de éstos, 22 (un 36,7 %) optaron por la rama TIC, desconocemos si los alumnos que no estudian en la UPV optaron por abandonar sus estudios o eligieron otra universidad.

La UPV oferta anualmente 4500 plazas para nuevos alumnos, de las cuales un 14% pertenecen a la rama TIC. Los datos muestran que de los alumnos asistentes a las Telecochips que optaron por venir a la UPV, el 23,8 % de los que acudieron cuando estaban en 1º de Bachillerato y el 33,7% de los que acudieron cuando estaban en 4º de ESO eligieron la rama TIC; esto es superior a la oferta de plazas que la universidad hace, que normalmente se adecúa a la demanda que tiene, además el impacto es mayor cuanto más jóvenes son los alumnos que realizan la experiencia.

VII. CONCLUSIONES.

Los números de matrícula universitaria de nuevos alumnos se han venido manteniendo en la ETSIT desde hace cuatro años. Sin embargo, debido a la crisis económica, las reducciones en los presupuestos para becas en España y el incremento del precio de la matrícula, el número de nuevos alumnos se ha reducido de forma global un 20% en la UPV el último año, mientras que en la ETSIT se han mantenido, lo cual es esperanzador.

No hemos sido capaces de medir si esta actividad ha tenido un impacto decisivo a la hora de promover los estudios TIC entre los jóvenes, pero desde luego algo ha contribuido. Entendemos que una actividad tan limitada en el tiempo tiene un impacto muy pequeño sobre una decisión tan importante como la carrera profesional elegida. Sin embargo la valoración que los estudiantes y profesores de secundaria hicieron sobre las actividades Telecochips es muy positiva y nos anima a seguir con ellas. Parece que son una manera muy productiva de difundir el conocimiento y los resultados desarrollados en la universidad al resto de la sociedad y prevemos que van a tener un impacto positivo en las vocaciones tecnológicas. De esta forma, y con las lecciones aprendidas en la primera edición hemos puesto en marcha una segunda edición aprovechando la infraestructura del Museo de la Ciencia de Valencia.

El hecho de que el número de vocaciones en el sector TIC está disminuyendo es innegable. No obstante esta tendencia se debe invertir para mantener el progreso en investigación, desarrollo e innovación. Para ello se necesitan acciones a diferentes niveles, como aumentar la relación con institutos de secundaria para promover vocaciones tecnológicas tempranas, difundir la idea de que los estudios TIC no son difícilísimos y aumentar la tasa de satisfacción de los graduados en TIC. Actividades como la descrita en este trabajo son sólo un pequeño ejemplo de acciones que pueden colaborar en despertar el interés de los estudiantes en las materias STEM, pero para invertir la actual situación de falta de vocaciones es necesario considerar otros aspectos: como el contenido de los programas académicos de secundaria, la percepción social de los profesionales de la tec-

nología o la capacidad económica de las familias.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto alguno de intereses para la publicación de este artículo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer la colaboración en esta experiencia a los siguientes docentes de la ETSIT: Prof. Luis Sempere, Prof. José Manuel Mossi, Prof. Antonio Albiol, Prof. Carlos Hernández, Prof. Ramón Miralles y Prof. Pablo Soto; a los estudiantes de la ETSIT Sr. Amine Taouirsa, Sr. Adolfo García y Sr. Vicent Ferrer; al investigador de la VSC-ESA Sr. David Argiles; al Gerente de la FUNCAE Sr. Fernando León y al Museo de la Ciencia Príncipe Felipe de Valencia.

REFERENCES

- [1] Instituto Nacional de Estadística <http://www.ine.es/jaxi/menu.do?type=pcaxis&path=%2Ft13%2Fp405&file=inebase&L=0> Último acceso, 26 de junio de 2015.
- [2] Blog of Neelie Kroes, Vice-President of the EC. *Europe urgently needs the right jobs and skills? My mission in Davos*. http://ec.europa.eu/commission_2010-2014/kroes/en/blog/davos-jobs-skills Último acceso, 26 de junio de 2015.
- [3] OECD. *Employment Outlook 2013* <http://www.oecd.org/els/emp/onlineoecdemploymentdatabase.htm#unr> Último acceso, 26 de junio de 2015.
- [4] Boletín Oficial del Estado (Spain) Real Decreto 1467/2007, de 2 de noviembre por el que se establece la estructura del bachillerato y se fijan sus enseñanzas mínimas.
- [5] Ministerio de Educación Cultura y Deporte. *Sistema educativo español*. <http://www.mecd.gob.es/educacion-mecd/areas-educacion/sistema-educativo.html> Último acceso, 26 de junio de 2015.
- [6] OECD. *Program for Interanational Student Assessment (PISA). Results from PISA 2012 for Spain*. <http://www.oecd.org/els/emp/onlineoecdemploymentdatabase.htm#unr> Último acceso, 26 de junio de 2015.
- [7] everis y e-motiva. *Factores influyentes en la elección de estudios científicos, tecnológicos y matemáticos. Visión de los estudiantes de 3º y 4º de ESO y Bachillerato*. <http://www.everis.com/spain/WCLibraryRepository/References/estudio%20vocaciones.pdf> Último acceso, 26 de junio de 2015.
- [8] El Ingeniero de Telecomunicación: Perfil Socio-Profesional. Ed. Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación y Asociación de Ingenieros de Telecomunicación. Madrid, 2013.
- [9] CSI: Crime Scene Investigation <http://www.cbs.com/shows/csi/> Último acceso, 26 de junio de 2015.
- [10] The Big Bang Theory http://www.cbs.com/shows/big_bang_theory/ Último acceso, 26 de junio de 2015.
- [11] J. Steinke. *Cultural representations of gender and science: Portrayals of female scientists and engineers in popular films*. Science Communication, **27**, (2005) 27-63.
- [12] J. Steinke, M. Long, M.J. Johnson, and S. Ghosh. *Gender stereotypes of scientist characters in television programs popular among middle school-aged children*. Annual Meeting of the Association for Education in Journalism and Mass Communication, 2008 AEJMC.
- [13] N. Anderson, Cl. Lankshear, C. Timms, and L. Courtney. "Because it's boring, irrelevant and I don't like computers": Why high school girls avoid professionally-oriented ICT subjects. Computers & Education, **50**, no. 4, (2008) 1304-1318.
- [14] S. Lewis, C. Lang, J. McKay. *An inconvenient truth: the invisibility of women in ICT*. Australasian J. of Inf. Systems. **15**, no. 1, 2007.
- [15] L. Jofre, J. Córdoba, and L. Robert. Attracting student vocations into engineering careers: EnginyCAT: Catalonia promotional and prospective plan. Proceedings of the Education Engineering (EDUCON), 2010 IEEE, 1759-1762. ISBN: 978-1-4244-6570-5.
- [16] C.E. Davis, M.B. Yeary, and J.J. Sluss Jr. *Reversing the trend of engineering enrollment declines with innovative outreach, recruiting, and retention programs*. IEEE Trans. Educ., **55** no. 2, 2012, 157-163.
- [17] P.G. LoPresti, T.W. Manikas, and J.G. Kohlbeck. *An Electrical Engineering summer academy for Middle School and High School Students*. IEEE Trans. Educ., **53** no. 1, 2010, 18-25.
- [18] A. Mehrizi-Sani. *Everyday Electrical Engineering: A one-Week Summer Academy Course for High School Students*. IEEE Trans. Educ., **55** no. 3, 2012, 488-494.
- [19] C. Bachiller, J.V. Balbastre, and J. Oliver. *Promoting vocation for Communication and Electronic Engineering*. Proc. Int. Conference on Engineering Education (ICEE-2010), Gliwice, Poland (2010).
- [20] C. Bachiller, C. Hernandez, and J. Sastre. *Collaborative learning, research and science promotion in a multidisciplinary scenario: information and communications technology and music*. Proc. International Conference on Engineering Education (ICEE-2010), Gliwice, Poland, (2010).
- [21] C. Bachiller, J. Sastre, A. Ricchiuti, H. Esteban, and C. Hernández. *Study of the Interference Affecting the Performance of the Theremin*. International Journal of Antennas and Propagation, **2012**, Article ID 348151, 9 pages, 2012.
- [22] S. Berryman. *Who will do science? Minority and female attainment of science and mathematics degrees: trends and causes*. New York: The Rockefeller Foundation (1983) 65-76.
- [23] Fundación Tecnologías de la Información. *The eSkills Week* <http://www.fti.es/evento/teleco-chips-ii-evento-eskills-week-2012> Último acceso, 26 de junio de 2015.
- [24] E. García-Félix, J.A. Conejero, and J.L. Díez. *Entering University: a challenge for the academic guidance*. To appear in REDU. Rev. Doc. Universitaria **12**, 2014, 255-280.
- [25] Museo de la Ciencia de Valencia. *El primer taller "Telecochip" muestra a un grupo de escolares qué es la realidad aumentada* <http://www.cac.es/prensa/noticia/?contentId=130167> Último acceso, 26 de junio de 2015.
- [26] Theremin World <http://www.thereminworld.com/> Último acceso, 26 de junio de 2015.
- [27] European Space Agency (ESA) and Val Space Consortium (VSC) High Power RF Space Laboratory <http://www.val-space.com/highpowerlabrf/?lang=en> Último acceso, 26 de junio de 2015.
- [28] Oceanográfico de Valencia <http://www.cac.es/oceanografic/animales/ficha/?contentId=119207&languageId=1> Último acceso, 26 de junio de 2015.
- [29] Transferable Integrated Design Engineering Education (TIDEE) consortium. <http://www.tidee.wsu.edu/index.html> Último acceso, 26 de junio de 2015.
- [30] E-Skills Tests. <http://eskills.eun.org/web/guest/tests> Último acceso, 26 de junio de 2015.

Carmen Bachiller Martín Ingeniera de Telecomunicación y Doctora en Telecomunicación por la UPV desde 2010. Su investigación está centrada en el estudio del electromagnetismo, en concreto en dispositivos pasivos de microondas para comunicaciones. Es Profesora Titular de Universidad del Departamento de Comunicaciones de la UPV, impartiendo actualmente clase en el Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación, en el Máster Universitario en Ingeniería Aeronáutica y en el Máster Universitario en Música. Ha participado en diversas campañas de captación de alumnos y de divulgación científica para alumnos de secundaria desde 2007. Actualmente es Secretaria de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación de la UPV y directora del Museo de la Telecomunicación Vicente Miralles Segarra.

J. Alberto Conejero Licenciado en Matemáticas por la Universitat de València y Doctor por la Universitat Politècnica de València (UPV) desde 2004. Actualmente, es Titular de Universidad de Matemática Aplicada en la ETS de Ingeniería Informática de la UPV. Desarrolla su investigación en dinámica lineal y en aplicaciones multidisciplinares de la Teoría de Grafos. En los últimos años ha participado en la coordinación de diversos programas dirigidos a alumnos preuniversitarios y de mi primer curso desde el Vicerrectorado de Alumnado y Cultura de la UPV, donde ha ejercido como Director del Área de Rendimiento Académico y Evaluación Curricular hasta 2013.

Edición Especial: Estrategias para Mejorar la Usabilidad de Repositorios Educativos

Ana Casali, Cristian Cechinel y Xavier Ochoa

LOS repositorio de objetos de aprendizaje (LORs) evolucionaron desde la necesidad de compartir material educativo entre una comunidad de instructores y estudiantes. A pesar de que parecería muy beneficioso para el proceso educativo, compartir y reusar material educativo a través de LORs no es una práctica adoptada masivamente por docentes o estudiantes. Muchos artículos se han escrito discutiendo problemas con los estándares de metadatos, mapeo entre estos estándares, el nivel de granularidad de los objetos o problemas de derechos de autor. Aunque estos son problemas válidos desde el punto de vista técnico, una de las principales razones por la que los LORs no sean adoptados masivamente por la comunidad educativa es la gran cantidad de esfuerzo que requiere todavía la indexación, búsqueda y reuso final de objetos de aprendizaje. Acerca de esto, Friesen hace 10 años ya dijo: "El éxito [de los Objetos de Aprendizaje] depende al final no de alcanzar el "nirvana" del programador acerca de la interoperabilidad total y la modularidad, sino a través de su uso efectivo por parte de maestros y estudiantes."

Los repositorios actuales para almacenamiento y recuperación de objetos de aprendizaje poseen diferentes problemas de usabilidad que todavía necesitan de mejoras para aumentar la utilización de dichas herramientas y su consolidación como plataformas de búsqueda de materiales educativos. Entre esos problemas uno puede citar: la falta de consideración de aspectos pedagógicos de los objetos de aprendizaje almacenados; que los requerimientos básicos de los objetos cómo calidad y capacidad de reuso no siempre se cumplen; que la implementación de buscadores web genéricos no consideran factores importantes de los objetos para ser utilizados en procesos de aprendizaje (por ej. nivel educativo, tipo de actividad en la que se utilizará el recurso, capacidad de adaptación, etc.); la falta de integración entre las informaciones disponibles en los repositorios y los ambientes de aprendizaje; entre otros. Esta edición especial tiene como objetivo tratar alguno de esos aspectos problemáticos encontrados en los repositorios y considerar las diferentes propuestas metodológicas y tecnológicas para el mejoramiento de las plataformas que los implementan.

Ana Casali. Departamento de Ciencias de la Computación, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de Rosario, Argentina. e-mail: acasali@fceia.unr.edu.ar).

Cristian Cechinel, Facultad de Educación. Universidad Federal de Pelotas, Brasil. (e-mail: contato@cristiancechinel.pro.br).

Xavier Ochoa, Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación, Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), Guayaquil, Ecuador. . (e-mail: xavier@cti.espol.edu.ec)

Empezamos con dos artículos que detallan la situación del uso de los LOR en Iberoamérica. El primero, de Rodés et al., aborda la temática desde el punto de vista Europeo y a través de un estudio de la literatura existente sobre el uso de repositorios de recursos educativos digitales. En contraposición, Maldonado et al., realiza en Ecuador, un estudio de campo para analizar el contenido real de dichos repositorios y su utilidad para la educación. En ambos artículos se destaca la falta de evidencia de la utilidad de los repositorios, a pesar de su generalizado uso. Estos dos artículos brindan soporte para justificar la necesidad de establecer estrategias y facilitar nuevos acercamientos para dar valor al concepto de compartir y reusar contenido educativo.

El primer problema que los artículos de esta edición especial exploran es facilitar la descripción de los materiales existentes. Casali et al. propone un sistema para la recopilación automática de documentos de modo de poder cargarlos a un Repositorio, que incluye la generación automática de información sobre el recurso (metadata). Esta extracción automática eliminaría uno de los procesos más engorrosos de la publicación de materiales y eliminaría la fricción necesaria para que los materiales sean compartidos. Por otro lado Freire-Morán et al, propone esquemas de metadatos más expresivos para incluir objetos de aprendizaje más complejos como juegos o simulaciones. El trabajo propuesto en estos dos artículos expone la necesidad de repensar el proceso de indexación de contenido de modo que sea escalable y que produzca metadatos de calidad.

Un segundo grupo de artículos se enfoca en facilitar el proceso de búsqueda para usuarios del repositorio. Tres artículos conforman este grupo. El primero, de Duque et al., explora el uso de los estilos de aprendizaje de los estudiantes como herramienta para recomendar material almacenado en repositorios existentes. El segundo, de Rodríguez et al., analiza cómo implementar indicadores de relevancia y reputación generados a partir del uso que diversos estudiantes hacen de los recursos para ordenar los resultados de las búsquedas. Finalmente, Moncunill et al., utilizan diversos tipos de interfaces de búsqueda para ajustarse a diversos perfiles de tareas. Estos tres trabajos son un ejemplo de la riqueza de acercamientos que se pueden desarrollar para mejorar la usabilidad de la búsqueda y recomendación en repositorios de material educativo.

Si bien los artículos presentados en esta edición solamente logran desvelar algunos de los problemas de usabilidad de los LORs y proponer primeras soluciones,

consideramos que tienen un fin más trascendente: re-abrir la discusión acerca de la necesidad de enfocar esfuerzos de investigación a un tema que se daba por terminado como es el de proveer acceso al material adecuado, a la persona indicada, en el mejor momento y en el formato que sea el más apto para la situación. Solamente cuando ésto sea posible, habremos logrado los objetivos que se plantearon para los LOR hace más de 20 años, puedan ser verdaderamente cumplidos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la revista VAEP RITA (<http://rita.det.uvigo.es/VAEPRITA/>) por el apoyo en la elaboración de esa edición especial y a todos los autores que enviaron sus artículos y que realizaron mejoras en los mismos atendiendo a los diferentes comentarios de los revisores. Nuestro agradecimiento muy especial también, a todos los revisores por su trabajo en la evaluación de los artículos, ya que su colaboración es un aporte al desarrollo científico. Por último, agradecemos el patrocinio de CYTED (Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo) que ha hecho posible esta Edición Especial en el marco del proyecto RIURE (Red Iberoamericana para la Usabilidad de Repositorios Educativos) código 513RT0471.

Dra. Ana Casali es Directora del Departamento de Ciencias de la Computación, profesora del Departamento de Sistemas e Informática de la Facultad de Cs. Exactas, Ingeniería y Agrimensura (FCEIA) de la Universidad Nacional de Rosario (UNR/Argentina) e investigadora del Centro Internacional Franco Argentino de Ciencias de la Información. y de Sistemas (CIFASIS). Ana obtuvo su doctorado en Tecnologías de la Información en la Universidad de Girona, España. Su campo de investigación se desarrolla dentro de la Inteligencia Artificial, en los sistemas multiagentes, los sistemas recomendadores y sus aplicaciones a la educación. Es miembro de la Comunidad Latinoamericana de Objetos de Aprendizaje (LACLO) y ha participado en numerosos proyectos nacionales e internacionales en su área de trabajo.

Dr. Cristian Cechinel es profesor en la Facultad de Educación (FaE) de la Universidade Federal de Pelotas (UFPeL/Brasil). Cristian obtuvo los grados de Licenciado y Maestría en Ciencias de la Computación de la Universidad Federal de Santa Catarina y su grado de Doctor en Ingeniería de la Información y del Conocimiento de la Universidad de Alcalá (España). Él es miembro activo de la Comunidad Latinoamericana de Objetos de Aprendizaje (LACLO) y miembro de la Comisión Especial de Informática en la Educación de la Sociedad Brasileña de Computación. Su campo de investigación enfoca en las Tecnologías de Aprendizaje, Calidad de Metadatos, Analíticas de Aprendizaje, y Educación a Distancia.

Dr. Xavier Ochoa es Profesor Principal en la Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) en Guayaquil, Ecuador. Obtuvo su grado de Ph.D. en Ingeniería en Universidad Católica de Lovaina (KULeuven). Actualmente se desenvuelve como coordinador del Grupo de Investigación en Tecnologías para la Enseñanza y el Aprendizaje del Centro de Tecnologías de Información (CTI) de ESPOL. El también está involucrado en la coordinación de la Comunidad Latinoamericana de Objetos de Aprendizaje (LACLO), la Fundación ARIADNE, la federación mundial de repositorios de objetos de aprendizaje (GLOBE) y la Iniciativa Latinoamericana de Libros de Texto Abiertos (LATIn). Forma parte de Comité Ejecutivo de SoLAR, la Sociedad para la Investigación de la Analítica del Aprendizaje. Está además involucrado en la realización de varios proyectos internacionales y regionales en el área de Tecnologías Educativas. Sus intereses de investigación actuales son la Analítica del Aprendizaje y la Informétrica aplicada a las tecnologías para el aprendizaje. Más información en su página personal: <http://ariadne.cti.espol.edu.ec/xavier>

Uso de Repositorios de Recursos Educativos Digitales. Revisión de Estado del Arte.

Virginia Rodés Paragarino, Adriana Gewerc Barujel, and Martín Llamas Nistal, Senior Member, IEEE

Title— Use of repositories of digital educational resources. State of the Art Review.

Abstract— Repositories of digital educational resources have reached a significant level of development and diversification in the last decade to the point of becoming a central component in higher education transformation.

This paper presents a State of the Art Review of the studies about the use and adoption of digital educational digital resources repositories.

Some quantitative approaches mainly collect metrics related to the publishing and reusing of educational resources.

However, there is still insufficient empirical evidence to account for the types of adoption and use of educational repositories. There are few studies aimed at determining which are the dimensions of adoption educational resources repositories by scholars, how educational repositories' adoption overlaps in teaching practices and which subjective, contextual, institutional, curricular and instructional factors are involved in the different types of use.

Index Terms— Educational technology, Digital Repositories, Human factors, Social factors, Usability

I. INTRODUCCIÓN

Los repositorios de recursos educativos digitales han alcanzado un grado de desarrollo y diversificación considerable en la última década al punto de convertirse en componentes centrales en el proceso de transformación de la educación superior [1][2][3].

Los procesos de creación de contenido, publicación y distribución, por su parte, se han visto modificados en sus modalidades e incrementados en su potencial e impacto [4][5].

El material educativo producido en los más diversos contextos constituye un potencial capaz de mejorar las condiciones de enseñanza y aprendizaje, proveyendo de recursos educativos a todo aquel interesado en utilizarlos. Desde el punto de vista teórico esta concepción sobre los recursos educativos subyace a los procesos de desarrollo de tecnologías educativas vinculadas al ámbito de los repositorios de recursos educativos digitales.

El presente trabajo de revisión sistemática de literatura permitirá observar que si bien existen abundantes antecedentes de investigaciones orientadas a conocer cuánto y con qué frecuencia son utilizados los repositorios (las que dan cuenta de bajos niveles de utilización), no sucede lo mismo con investigaciones que hagan foco en los factores que intervienen en las decisiones de los usuarios. Una profundización en el conocimiento de la relación de los usuarios con los repositorios permitiría la mejora de su usabilidad, la que requiere tener acceso a las necesidades y demandas de los mismos. A pesar de que suelen utilizarse los métodos etnográficos en el marco de ingeniería de requisitos, cómo medio para discernir las necesidades que se

deben cumplir desde el software, no son frecuentes en la área de repositorios educativos.

A fin de mejorar la usabilidad de los repositorios educativos interesa particularmente conocer cuáles son las dimensiones de su adopción por parte de los profesores, pues éstos son actores relevantes en la creación, uso, reutilización y adaptación de los recursos educativos digitales y su integración en el currículum de las instituciones educativas. Este tipo de investigaciones permiten conocer cómo se imbrica la utilización de los repositorios de recursos educativos en las prácticas de enseñanza, qué factores subjetivos, contextuales, institucionales, culturales, curriculares, didácticos (entre otros) intervienen para la utilización, de dichos repositorios, así como de los distintos tipos de uso que se realizan en el marco de las prácticas de enseñanza por parte de docentes universitarios.

Con este propósito, se realizó el estado del arte de los estudios sobre el uso de repositorios educativos. Esto implicó una revisión sistemática de la literatura que permitió conocer los antecedentes, determinar la relevancia del campo, las metodologías empleadas e identificar los núcleos de problemas que aún no han alcanzado respuesta o profundidad en el análisis.

En la sección 2 se presenta la metodología empleada. La sección 3 integra una revisión narrativa a partir de una selección de los trabajos más relevantes sobre el uso de repositorios educativos, y en la sección 4 se complementa con una revisión sistemática para identificar los estudios que investigan la interacción de los usuarios con los repositorios de recursos educativos digitales. Finalmente, en la sección 5 se desarrollan las Conclusiones.

II. METODOLOGÍA

Revisión sistemática de literatura es un tipo de investigación mediante la cual se explora la literatura científica sobre un tópico partiendo de una pregunta formulada de forma clara. Utiliza métodos sistemáticos y explícitos para localizar, seleccionar y valorar críticamente las investigaciones relevantes y aplica protocolos sistemáticos para la recogida de datos e información de dichas investigaciones, con el objetivo de alcanzar conclusiones válidas sobre qué es lo que dicen las evidencias sobre dicho tópico [6]. Se identifican los patrones existentes y las contribuciones claves, así como un resumen organizado del trabajo previo sobre un tópico, y del nivel actual de conocimiento sobre un área de investigación. Pueden hacer foco en algunos aspectos del proceso de investigación, incluyendo técnicas y diseños metodológicos, problemas de investigación y marcos teóricos [7].

Existen dos tipos de revisiones de literatura, las denominadas narrativas y las sistemáticas. Estas últimas

buscan aportar una metodología rigurosa para llevar a cabo el proceso de revisión de la investigación en un campo concreto de conocimiento y lograr acumulación [6]. Las de tipo narrativo son las más comunes, e involucran una selección realizada por el investigador. Las sistemáticas, por el contrario, pueden ofrecer una selección más exhaustiva y completa y un método riguroso de inclusión que permite su reproducción [7].

Las revisiones sistemáticas suelen estar asociadas a relevar resultados estadísticos sobre un tópico, con diferencias en métodos y diseños. Se utilizan los términos “revisión agregativa” y “revisión configurativa” para describir las principales categorías. Cada uno de estos grupos persigue diferentes propósitos y se acompañan de diversos métodos de síntesis. Las revisiones agregativas buscan testear teorías establecidas a través de la comparación de observaciones empíricas y datos estadísticos. Las configurativas, por el contrario, buscan interpretar o explorar el significado del fenómeno en estudio. Su objetivo es generar o modificar las teorías o narrativas existentes en el tema de estudio [7]. Las revisiones suelen integrar ambas perspectivas y combinar procedimientos formales e informales de búsqueda de estudios [6] a partir de criterios de inclusión y exclusión de los estudios.

En nuestro caso se realizó una revisión mixta, integrando una primera etapa de la modalidad narrativa y una segunda etapa de la sistemática. Esta última fue de tipo configurativa, incorporando procedimientos formales e informales para la identificación de estudios relevantes.

III. REVISIÓN NARRATIVA

La etapa de revisión narrativa se centró en el trabajo con los antecedentes más relevantes reconocidos en la materia.

El más significativo es el trabajo de Ochoa [8]. Se trata de un estudio de tipo cuantitativo que identifica las reglas que se cumplen en el uso de los repositorios. Por ejemplo, hay pocos repositorios de gran tamaño, y estos son los que contienen el mayor número de recursos educativos. Su crecimiento es lineal, identificándose dos fases, una inicial caracterizada por un lento crecimiento (que dura alrededor de uno a tres años) y una fase de maduración, en las que los repositorios usualmente crecen en número de contribuciones. Uno de los hallazgos más relevantes de este estudio es lo que Ochoa denomina “participación desigual”, identificando diferentes tipos de contribuciones por parte de los usuarios dependiendo del tipo de repositorio. Así, en los Repositorios de Objetos de Aprendizaje (Learning Object Repositories – LORP) y los Referenciadores de Objetos de Aprendizaje (Learning Object Referatories – LORF) la mayor parte de las publicaciones provienen de poco individuos. En los denominados Open Courseware (OCW) y en los Entornos Virtuales de Aprendizaje (Learning Management Systems – LMS), en cambio, todos los usuarios contribuyen en un rango medio. En los repositorios institucionales la mayoría del contenido es publicado por usuarios que contribuyen con 1 o 2 recursos. El estudio de Ochoa también aporta elementos relevantes respecto a la adopción de los repositorios por parte de los usuarios y el tiempo en que éstos permanecen ligados al mismo, lo que constituye una característica significativa y un elemento de

diferenciación. Según el estudio mencionado, la principal diferencia entre los tipos de repositorios radica en el modo en que el tiempo de vida del contribuyente se distribuye. Para los OCW y LMS, el tiempo de vida de la mayoría de los usuarios es más largo que para LORPs y LORFs. En el caso de los Repositorios Institucionales (RI), la mayoría de los contribuyentes sólo publican una vez. Este comportamiento desigual por parte de los usuarios en relación al tipo de repositorio abre interrogantes aún no resueltos sobre las posibles causas, lo que orienta para incluir dimensiones de análisis vinculadas con las culturas institucionales y profesionales, y a aspectos del orden de lo curricular y didáctico, entre otros.

Uno de los argumentos más significativos en torno al desarrollo de tecnologías vinculadas a los repositorios se sustenta en los beneficios de la potencial reutilización de los recursos educativos. Esto se ha descrito como Economía de los Objetos de Aprendizaje [9][10][11], donde se comparte material de aprendizaje, para volver a utilizar y mejorar. El resultado previsto de este proceso es el acceso más amplio y más barato a recursos educativos de calidad. Así también, el concepto de ecosistema digital [12] ha comenzado a ser utilizado para describir ambientes de producción, reutilización y adaptación de contenido. A pesar del sustento de estas bases teóricas, aún no se ha materializado entre el profesorado la total adopción de las prácticas de reutilización [13]. En su estudio, Ochoa [8] expone que el porcentaje de los recursos educativos que se reutilizan en una colección dada, es de alrededor de un 20%. Esta reutilización parece ser la misma para los recursos de diferentes tipos de colecciones y tamaños.

En la línea de estudio de los procesos de reutilización y adaptación, Petrides[14] realiza un análisis cuali-cuantitativo en el que explora el alcance y la naturaleza de las prácticas de reutilización, o aquellas prácticas que involucran remezcla o adaptación de recursos educativos abiertos (Open Educational Resources – OER) con nuevos fines. Al examinar las razones que los autores proporcionaron para cambiar el contenido, el análisis reveló siete categorías principales de reutilización: 1) cambios técnicos y visuales, 2) edición general, 3) cambios relacionados con la colaboración, 4) cambios en los metadatos, 5) modularización, 6) traducciones, y 7) otros comportamientos de reutilización diversos. La creación de nuevas versiones a través de cambios técnicos y visuales emergieron como el comportamiento de reutilización prevalente entre los autores. Los hallazgos de este estudio merecen ser retomados y profundizados a fin de comprender los factores contextuales y subjetivos que operan en las prácticas de reutilización.

Los recursos educativos poseen lo que se denomina “ciclo de vida” [15][16] que involucra procesos de: creación, etiquetado, publicación, selección, uso y reutilización. Existen dimensiones organizacionales e institucionales, dinámicas del orden de lo pedagógico, didáctico y curricular, así como factores subjetivos que impactan en dichos procesos. En todos ellos intervienen actores sociales (creadores, colaboradores, consumidores y formuladores de políticas públicas, entre otros), así como factores que operan como impulsores (el conocimiento, la productividad, la competencia, formación, infraestructura), facilitadores

(tecnologías educativas, diseños, estándares) y mediadores (recursos, políticas, percepciones) en el marco de una economía de los recursos educativos [17]. Así, por ejemplo, en el proceso de creación influyen aspectos tales como el estímulo institucional, la motivación de los profesores, los aspectos económicos (salarios, costos, equipamiento). Conocer de qué modo y cuánto operan estas dimensiones en los procesos de creación, etiquetado, publicación, selección, uso, y reutilización de los recursos educativos es, aún, un territorio a ser explorado en profundidad.

Entre los problemas más relevantes vinculados a la usabilidad de los repositorios de recursos educativos en lo que respecta a la relación entre los usuarios y los repositorios, se encuentra la carga de metadatos, que depende del trabajo humano. Dada la enorme cantidad de recursos existentes hoy en día esto requiere de mayores recursos, lo que para el usuario creador se convierte en una tarea engorrosa que conduce a que los metadatos no se incorporen al recurso digital al momento de su publicación o se produzcan errores [18]. Esa situación ha hecho aumentar la preocupación sobre el desarrollo de métodos para la extracción automática de metadatos dentro de los repositorios [19].

Por otra parte, los metadatos utilizados no conducen fácilmente a su búsqueda y localización, ni tampoco son precisos [20][21]. Se observa una debilidad importante en los estándares de metadatos de tipo pedagógico, que no describen aspectos relevantes para el área educativa [22][23]. Suelen describir al recurso educativo en sí mismo, sus características intrínsecas, pero no capturan datos relevantes como por ejemplo la secuencia pedagógica, la combinación con otros recursos, los aspectos de contexto y la situación educativa de su utilización, entre otros. Se ha trabajado en semánticas [24][25][26][27] para la obtención de este tipo de información, y también es un campo a profundizar.

Otro núcleo de problemas se sitúa en la evaluación de calidad de los recursos [28], usualmente realizados a través de la recogida de información estructurada en base a capital social [29], opiniones de expertos y usuarios en el marco de comunidades y redes [30]. No obstante, suelen radicar en procesos estructurados de recogida de información (encuestas, por ej.). El transitar hacia modelos de medición de calidad no estructurados permitiría el establecimiento de rankings, recomendación y búsquedas más eficientes [31].

IV. REVISIÓN SISTEMÁTICA

La revisión narrativa mencionada en la sección anterior fue complementada con una segunda etapa de revisión sistemática, centrada en la identificación de estudios específicamente orientados a investigar la interacción de los usuarios con los repositorios de recursos educativos digitales. Esta revisión sistemática fue de tipo configurativa, incorporando procedimientos formales e informales para la identificación de estudios relevantes.

Entre las fuentes formales empleadas se realizaron consultas a las bases de datos bibliográficas electrónicas ERIC, WOS - Web of Science, ProQuest Dissertations & Theses A&I. Posteriormente, por su pertinencia en relación al campo de estudio, se consultaron las bases de datos IEEE Explore, DOAJ y Google Scholar. Otras fuentes formales se

basaron en la consulta directa de revistas relevantes en relación al problema investigado, así como la revisión de las referencias de los estudios que se fueron seleccionando. Finalmente, se realizaron búsquedas a partir de nombres de autores.

Se optó por realizar las búsquedas en idioma inglés y limitar los resultados al período comprendido entre los años 2000 a 2014, pues es abarcativo de los principales desarrollos del campo de estudio. Las búsquedas se realizaron sobre los campos título, resumen, texto y metadata.

La definición de criterios de inclusión fue dificultosa, en tanto se trata de un área con terminología no estandarizada, polisémica y en proceso de transformación. Especialmente en lo que refiere al tránsito del paradigma centrado en los denominados “learning objects” (objetos de aprendizaje - OA) a los denominados “educational resources” (recursos educativos - RE) y “open educational resources” (recursos educativos abiertos - REA) que se registra en el período seleccionado. Objeto de aprendizaje es cualquier recurso digital que puede ser utilizado para facilitar el aprendizaje” [32]. Pueden ser abiertos o propietarios y sujetos a copyright. Los recursos educativos abiertos son objetos de aprendizaje que son puestos libremente a disposición para su modificación o reutilización en base a licencias abiertas. En ese sentido, para la definición de descriptores para las búsquedas se utilizaron las tres denominaciones: “learning objects”, “educational resources” y “open educational resources”.

Se seleccionó también como descriptor el término “repository”. Este término es empleado para describir una gran variedad de sistemas de almacenamiento de objetos digitales. Tradicionalmente se asocia al concepto de repositorio a los repositorios y referenciadores de objetos de aprendizaje (Learning Object Repository – LOR). Sin embargo, se ha ampliado a iniciativas tales como los Open Courseware (OCW), que proporcionan material digital organizado en base a cursos abiertos. Los denominados Entornos Virtuales de Aprendizaje (Learning Content Management Systems - LCMS) también almacenan una gran cantidad de recursos educativos que se comparten en una pequeña comunidad de profesor y estudiantes de un curso. Incluso si no están abiertos, estos sistemas también se pueden considerar como repositorios. Además pueden incluirse repositorios de contenidos educativos multimedia, repositorios de libros de texto digitales. Finalmente cualquier tipo de biblioteca digital, como repositorios institucionales, donde se puede almacenar recursos educativos y publicaciones científicas, también se podrían considerar bajo esta definición.

Finalmente, se utilizaron los términos “use” (uso), “reuse” (reutilización) y “adoption” (adopción) a fin de intentar identificar, en la vasta literatura sobre el campo de repositorios de recursos educativos, aquellas investigaciones que refieren a los procesos de apropiación de los mismos realizados por parte de los usuarios.

Los resultados obtenidos de las búsquedas en las bases de datos daban cuenta de esta diversidad y polisemia, obteniendo en gran medida resultados vinculados a aspectos técnicos de los repositorios educativos. Por esa razón se optó por refinar manualmente la pertinencia de la

bibliografía recuperada automáticamente realizando las siguientes acciones:

- I. lectura del título
- II. lectura del resumen en aquellos casos que se consideraban potencialmente pertinentes al problema de investigación
- III. selección de aquellos estudios que refirieran a análisis sobre procesos de uso y/o adopción por parte de usuarios
- IV. selección de los estudios que abordaran el problema desde un punto de vista que integrara el enfoque cualitativo
- V. selección de aquellos estudios que tuvieran como escenario a instituciones de educación superior y estuvieran enfocados en personal académico

De los resultados obtenidos se identificaron y separaron los artículos que proponen modelos teóricos y propuestas de desarrollo vinculados a los procesos de adopción de repositorios digitales. De ellos [33] presenta un modelo de integración de los recursos educativos a la práctica académica; [34], [35] y [36] aportan propuestas para favorecer el desarrollo y la compartición de recursos y prácticas educativas abiertas, [37] vincula el diseño educativo con la creación y reutilización de REA; [38] desarrollan un modelo de flujo para la creación y reutilización de OA; [39], [40] y [41] introducen modelos de negocios, estrategias y políticas para la sustentabilidad y gobernabilidad de los REA; [42] y [43] desarrollan un marco para aspectos técnicos y de licenciamiento de los REA; y [44] desarrollan un modelo para la integración y sostenibilidad de los repositorios digitales en las instituciones de educación superior. Estos trabajos permiten observar la amplitud de aspectos y componentes vinculados a la problemática de la adopción de repositorios de recursos educativos digitales.

Se identificaron, además, revisiones de literatura de tipo sistemático. En esa línea [45] presenta una revisión de literatura sobre adopción de repositorios de recursos educativos digitales; [46] sobre reutilización de recursos educativos, al igual que [47]; mientras que [48] presenta un estado del arte sobre los repositorios educativos desde un punto de vista tecnológico. A los efectos de integrar nuevos enfoques metodológicos al análisis de repositorios educativos resulta interesante [7] que en su revisión sobre los estudios de adopción de los libros electrónicos recoge la tradición de los denominados “user studies”, estudios focalizados en los humanos y sus comportamientos y actividades en el campo de las ciencias de la información. Da cuenta de la evolución del campo, desde enfoques de corte cuantitativo a la emergencia de un nuevo paradigma centrado en el estudio del comportamiento de los usuarios y de los sistemas vistos desde la perspectiva del usuario, haciendo uso de enfoques de tipo cualitativo. Este tipo de abordaje sería interesante de ser aplicado al estudio de repositorios educativos.

Finalmente, se identificaron dos grandes categorías dentro de la literatura vinculada a estudios sobre adopción de recursos educativos digitales:

- Estudios sobre adopción de Recursos Educativos Abiertos
- Estudios sobre adopción de Repositorios Digitales

Algunos estudios se concentran en relevar métricas de adopción. Basados en los resultados de una encuesta orientada a medir la creación y uso de REA por parte del personal académico [49] buscan identificar los factores para incrementar ambos. Los resultados ofrecen una perspectiva de la adopción de los REA y aporta métricas para medir la adopción en una universidad. Mientras que el uso de REA y OA se ha extendido entre los educadores, éste se desarrolla en el marco de prácticas solitarias, sin marcos pedagógicos, económicos ni institucionales bien establecidos. En ese sentido, [50] presentan un caso de estudio de inclusión sustentable de REA en el marco de prácticas de enseñanza innovadoras.

Parte de los estudios relevados se concentran en estudiar la adopción de un tipo de REA, los libros de texto abiertos. Los libros de texto abiertos prometen ofrecer los mismos beneficios que los libros de texto tradicionales, a pesar que su eficacia no ha sido suficientemente analizada. Un estudio exploratorio sobre las actitudes de los profesores respecto a los libros de texto abiertos es presentado por [51] desarrollado a partir de la aplicación de una encuesta en línea y grupos focalizados. Interesantes son los resultados en términos de la caracterización de la vivencia de los profesores universitarios en relación a los recursos educativos: buscan diversidad de opciones, altamente ocupados, pensadores independientes, sufren de exceso de información y buscan el éxito de sus estudiantes más que una solución global. Entre otros resultados destacables de los grupos focalizados emerge la visión de que cualquier implementación no puede ser vertical y que los profesores son tomadores de decisión independientes. Por otra parte destacan la naturaleza heterogénea de las necesidades de las instituciones de educación superior, disciplinas y cursos, lo que lleva a que el tipo de institución, nivel y contenido de un curso es el que finalmente determina las formas curriculares de ofrecer soluciones en términos de recursos educativos. Por otra parte, [52] estudian la aplicación de una colección de libros de texto abiertos en el marco de clases de matemáticas. Presentan una comparación entre los resultados educativos en los años anteriores y posteriores a la utilización de la colección, sin encontrar diferencias significativas. Dan cuenta de que el principal resultado es el ahorro en términos económicos por parte de los estudiantes, así como de la disposición favorable de estudiantes y profesores para la adopción de libros de texto abiertos. En otros estudios [53] y [54] describen patrones de uso de libros de texto abiertos y comportamiento de los usuarios.

Otros estudios se enfocan en relevar las actitudes, percepciones y prácticas de los profesores universitarios respecto a la temática. En ese sentido [55] desarrolla un estudio a partir de la aplicación de una encuesta dirigida a 59 profesores universitarios en Reino Unido. Los resultados ofrecen la disposición de los profesores a compartir sus propios contenidos y demuestran la existencia de prácticas de compartición con colegas a nivel local. No obstante, dan cuenta de una muy pequeña incidencia de estrategias de

compartición a gran escala mediante el uso de licencias adecuadas y de utilización de repositorios de recursos educativos abiertos. Por otra parte, [56] realizan entrevistas semiestructuradas a profesores universitarios, para detectar temas emergentes y orientar el diseño de una encuesta sobre actitudes y prácticas respecto a los REA. El estudio arroja similares resultados que el mencionado anteriormente: los profesores muestran predisposición a compartir sus recursos en particular con colegas cercanos. Es interesante destacar, que si bien el 50% utiliza recursos obtenidos de internet, solamente el 12% comparte sus propios recursos por este medio. Como factores habilitantes mencionan con mayor frecuencia la valoración positiva respecto a la educación abierta y el incremento de la reputación individual e institucional. Los aspectos económicos se encuentran con mayor frecuencia entre las causas que operan como barreras. Como factores para el desarrollo futuro reclaman mayor conocimiento sobre licenciamiento y aspectos tecnológicos.

Se identifican trabajos sobre reutilización de Recursos Educativos Abiertos. En general se enfocan en la identificación de métricas de reutilización de recursos educativos. En este sentido [55] examinan cuantitativamente la cantidad y tipo de uso de OA, incluyendo reutilización, modificación y traducción en el marco del repositorio Conexions. El estudio da cuenta de que un cuarto de los OA usados son reutilizados, modificados y traducidos, ofreciendo datos empíricos sobre frecuencia y razones para la reutilización de recursos educativos en el marco de un repositorio. Así también [46] examinan la cuestión de cuántas personas toman ventaja de los beneficios del licenciamiento de los libros de texto abiertos y REA, realizando revisiones y remezclado. Al igual que en el estudio mencionado anteriormente, encuentran porcentajes de revisión y remix muy bajos, solo el 7,5% de los libros abiertos utilizados en el período de dos años fueron libros revisados o remezclado. Otro hallazgo interesante es que aproximadamente la mitad de las acciones de revisión lo constituye el borrado de hasta el 50% del contenido del libro adoptado.

Por su parte, [45] presenta evidencias de utilización, por parte de profesores, de recursos educativos que no se encuentran en la lengua materna, y describe las modalidades que desarrollan para su adaptación y traducción en el marco de dos repositorios.

Muy interesante, desde el punto de vista metodológico, es el enfoque del estudio de [47] que, utilizando la teoría fundamentada, revisan y comparan casos de reutilización de recursos educativos. De la teoría sustantiva elaborada derivan una guía para estimular la reutilización de recursos educativos.

Estudios sobre adopción de Repositorios Digitales

En esta categoría se ubican los estudios centrados en la adopción, por parte del profesorado, de los repositorios digitales de recursos educativos. Este tipo de estudios parecen estar más orientados hacia un enfoque cualitativo, y no abundan en la literatura.

Es el caso de [57] a partir de la aplicación de una encuesta, realizan un estudio focalizado en las actitudes de los profesores universitarios hacia los REA, el uso de REA, su formación, con énfasis en el análisis del uso de los

repositorios locales para apoyar el trabajo pedagógico de los profesores. En particular, logran demostrar que la implementación de repositorios locales (en contraste con repositorios globales abiertos en línea) incrementan el uso y reutilización de recursos educativos. De igual forma [58] describen la integración de un entorno virtual y un repositorio digital en el marco de las prácticas de enseñanza y aprendizaje de una universidad, identificando las categorías “tecnológica”, “cultural” y “pedagógica” como componentes del proceso. Por su parte, [59] realizan el reporte de una encuesta realizada con el fin de conocer el punto de vista de los académicos, funcionarios de apoyo y gestores sobre sus experiencias y expectativas respecto al uso de repositorios para la enseñanza y el aprendizaje. Los hallazgos sugieren lo que puede ser considerado como el “repositorio ideal desde el punto de vista de los contribuyentes”.

V. CONCLUSIONES

La revisión del estado del arte de la adopción de repositorios educativos digitales realizada permite afirmar que se trata de un campo de investigación sólido, que presenta acumulación a lo largo del período estudiado.

Se observa que existe una importante cantidad de literatura orientada a la identificación de métricas y patrones de utilización, desarrollado en base a abordajes metodológicos de tipo cuantitativo. Estos estudios, que en general coinciden en patrones de uso y reutilización bajos, sientan las bases para la identificación de la relevancia de enfoques que, desde un encuadre cualitativo, permitan dar explicación sustantiva a estas métricas ampliamente relevadas.

Existe escasa evidencia empírica que permita dar cuenta de los tipos de apropiación y uso de los repositorios educativos, así como de la adecuación de la concepción subyacente al diseño y desarrollo de repositorios de recursos educativos en relación a las prácticas efectivas de los usuarios. Son escasos los estudios que se orienten a dar respuesta a la pregunta de qué modo la promesa del potencial del uso de repositorios educativos se ha traducido en una realidad en la vida cotidiana de las instituciones educativas.

Los trabajos sobre percepciones, actitudes y prácticas relevados en la literatura ofrecen aportes interesantes a los efectos de conocer las necesidades y vivencias de los usuarios en relación a los repositorios educativos y su articulación con las prácticas educativas en instituciones de educación superior. Estos trabajos permiten vislumbrar la relevancia de los factores culturales e institucionales, así como la incidencia de las características de los docentes y las vivencias sobre su profesión, en las prácticas de utilización de repositorios educativos. Sería interesante dar continuidad a este tipo de abordajes sobre el problema de la adopción de repositorios educativos, a fin de obtener datos y nuevas teorías sustantivas que alimenten futuros desarrollos tecnológicos en el área más centrados en los usuarios y en la mejora de la usabilidad.

Algunos de los estudios, además, constituyen un aporte desde el punto de vista metodológico, para sustentar la construcción de herramientas de análisis cualitativo de este fenómeno, permitiendo desarrollar enfoques comparados.

Resulta de relevancia, asimismo, para estudios futuros recoger la experiencia de los estudios sobre usuarios y comportamiento humano en el área de sistemas de información y bibliotecas, como orientación para introducir una inflexión en el campo de los estudios de adopción de repositorios de recursos educativos digitales.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento a RIURE (CYTED 513RT0471 - Red iberoamericana para la usabilidad de repositorios educativos.

REFERENCIAS

- [1] Ana Lúcia Gazzola, *Tendencias de la Educación Superior en América Latina y el Caribe*.
- [2] New Media Consortium and the EDUCAUSE Learning Initiative, *The NMC Horizon Report: 2013 Higher Education Edition*. Austin, Texas: New Media Consortium, 2013.
- [3] L. Yuan and S. Powell, "MOOCs and open education: Implications for higher education," *Cetis White Pap.*, 2013.
- [4] G. Ritzer, P. Dean, and N. Jurgenson, "The Coming of Age of the Prosumer," *Am. Behav. Sci.*, vol. 56 no. 4, pp. 379–398, Apr. 2012.
- [5] A. Bruns, el, "From Prosumer to Prosumer: Understanding User-Led Content Creation," in *Transforming Audiences*, London, 2009, pp. 3–4.
- [6] J. S. Meca, "Cómo realizar una revisión sistemática y un meta-análisis," *Aula Abierta*, vol. 38, no. 2, pp. 53–64, 2010.
- [7] A. Girard, "Reader's Block: A Systematic Review of Barriers to Adoption, Access and Use in E-Book User Studies," *Inf. Res. Int. Electron. J.*, vol. 19, no. 2, Jun. 2014.
- [8] X. Ochoa, "Learnometrics: Metrics for Learning Objects (Learnometrics: metriekenvoorleerobjecten)," 2008.
- [9] Polsani, "Use and Abuse of Reusable Learning Objects," *Journal of Digital Information*, vol. Vol. 3, Nro 4.
- [10] C. Duncan and R. House, "Learning object economies: Barriers and drivers," *Present. ELearn International*, vol. 18, p. 19, 2004.
- [11] L. Campbell, *Reusing Online Resources: A Sustainable Approach to E-Learning*, chapter Engaging with the learning object economy. Kogan Page Ltd, 2003.
- [12] C. Elizabeth and W. Martin, "Digital Ecosystems a next generation of the Collaborative Environment," in *Proceedings of the 8th International Conference on Information Integration and Web-based Applications & Services (iiWAS2006)*, 2006.
- [13] S. Downes, "Learning Objects," 2005. [Online]. Available: http://www.downes.ca/files/Learning_Objects.htm. [Accessed: 07-Mar-2014].
- [14] L. Petrides, L. Nguyen, A. Kargliani, and C. Jimes, "Open educational resources: Inquiring into author reuse behaviors," in *Times of convergence. Technologies across learning contexts*, Springer, 2008, pp. 344–353.
- [15] B. Collis, and A. Strijker, "Technology and Human Issues in Reusing Learning Objects | Collis | *Journal of Interactive Media in Education*," *J. Interact. Media Educ.*, vol. Special Issue on the Educational Semantic Web, May 2004.
- [16] K. Cardinaels, "A dynamic learning object lifecycle and its implications for automatic metadata generation," *Status Publ.*, 2007.
- [17] F. Laurence F. Johnson, "Elusive Vision: Challenges Impeding the Learning Object Economy," *Macromedia*, 2003.
- [18] C. Cechinel, S. Sánchez-Alonso, and M. Á. Sicilia, "Empirical Analysis of Errors on Human-Generated Learning Objects Metadata," in *Metadata and Semantic Research*, F. Sartori, M. Á. Sicilia, and N. Manouselis, Eds. SpringerBerlin Heidelberg, 2009, pp. 60–70.
- [19] C. Cechinel, "Empirical Foundations for Automated Quality Assessment of Learning Objects Inside Repositories" Tesis de Doctorado, Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares, 2012.
- [20] A. Gil, S. Rodríguez, F. De la Prieta, and J. M. Corchado, "Learning Object Retrieval in Heterogeneous Environments," *Int. J. Web Eng. Technol.*, vol. 8(2), pp. 197–213, Jan. 2013.
- [21] I. Frango, N. Omar, and P. Mustaro, "Learning Objects: Standards, Metadata, Repositories, and LCMS, Cap. 5. Architecture of learning objects repositories," *Learn. Objects Stand. Metadata Repos. LCMS St. Rosa CA Informing Sci. Inst.*, vol. 1, 2007.
- [22] A. Vicente, R. Motz, M. Llamas, and M. Caeiro, "Work in progress—LOM4CE: LOM for the Content Ecosystem," in *Frontiers in Education Conference (FIE)*, 2011, 2011, p. T2E–1.
- [23] R. Motz, V. Rodés, "Objetos de Aprendizaje y Modelos Pedagógicos: adaptabilidad para la mejora de la calidad en la Educación a Distancia," in *Anais do XX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, Florianópolis, Brasil, 2009.
- [24] R. Motz, J. Guzmán, C. Deco, and C. Bender, "Applying ontologies to educational resources retrieval driven by cultural aspects," *J. Comput. Sci. Technol.*, vol. vol. 5, no. 4, 2005.
- [25] R. Motz, C. Badell, M. Barrosa, and R. Sum, "La Extracción de Objetos de Aprendizaje con Metadatos de Diseño Pedagógico," *IEEE-RITA*, vol. 5, no. 2, pp. 49–55, 2010.
- [26] A. Díaz, R. Motz, E. Rohrer, and L. Tansini, "An ontology network for educational recommender systems," *Educ. Recomm. Syst. Technol. Pract. Chall. Pract. Chall.*, p. 67, 2011.
- [27] I. Azevedo, R. Seíça, A. Ortiz, E. Carrapatoso, and C. Carvalho, "A Semantic Approach for Learning Objects Repositories with Knowledge Reuse," in *Knowledge Engineering and Management by the Masses*, vol. 6317, P. Cimiano and H. S. Pinto, Eds. SpringerBerlin Heidelberg, 2010, pp. 576–585.
- [28] C. Cechinel, S. da S. Camargo, S. Sánchez-Alonso, and M.-Á. Sicilia, "On the Search for Intrinsic Quality Metrics of Learning Objects," in *Metadata and Semantics Research*, J. M. Doderó, M. Palomo-Duarte, and P. Karampiperis, Eds. SpringerBerlin Heidelberg, 2012, pp. 49–60.
- [29] C. Cechinel, M.-Á. Sicilia, S. Sánchez-Alonso, and E. García-Barriocanal, "Evaluating collaborative filtering recommendations inside large learning object repositories," *Inf. Process. Manag.*, vol. 49, no. 1, pp. 34–50, Jan. 2013.
- [30] C. Cechinel and S. Sánchez-Alonso, "Analyzing associations between the different ratings dimensions of the MERLOT repository," *Interdiscip. J. E-Learn. Learn. Objects*, vol. 7, no. 1, pp. 1–9, 2011.
- [31] C. Cechinel, S. Sánchez-Alonso, and E. García-Barriocanal, "Statistical profiles of highly-rated learning objects," *Comput. Educ.*, vol. 57, no. 1, pp. 1255–1269, Aug. 2011.
- [32] D. Wiley, "Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy," *Assoc. Instr. Technol. Assoc. Educ. Commun. Technol.*, vol. Volume: 2830, Issue: 435., pp. 1–35, 2000.
- [33] P. Bradshaw, S. Younie, and S. Jones, "Open Education Resources and Higher Education Academic Practice," *Campus-Wide Inf. Syst.*, vol. 30, no. 3, pp. 186–193, Jan. 2013.
- [34] J. van der Baaren and F. de Vries, "How to foster sharing of educational resources?," 2010.
- [35] T. Connolly, "Visualization Mapping Approaches for Developing and Understanding OER," *Int. Rev. Res. Open Distance Learn.*, vol. 14, no. 2, pp. 129–155, Jun. 2013.
- [36] M. Klebl, B. J. Kramer, and A. Zobel, "From Content to Practice: Sharing Educational Practice in Edu-Sharing," *Br. J. Educ. Technol.*, vol. 41, no. 6, pp. 936–951, Nov. 2010.
- [37] G. Conole and M. Weller, "Using Learning Design as a Framework for Supporting the Design and Reuse of OER," *J. Interact. Media Educ.*, Jan. 2008.
- [38] D. G. Sampson and P. Zervas, "A Workflow for Learning Objects Lifecycle and Reuse: Towards Evaluating Cost Effective Reuse," *Educ. Technol. Soc.*, vol. 14, no. 4, pp. 64–76, Jan. 2011.
- [39] F. H. T. de Langen, "Strategies for Sustainable Business Models for Open Educational Resources," *Int. Rev. Res. Open Distance Learn.*, vol. 14, no. 2, pp. 53–66, Jun. 2013.
- [40] F. Mulder, "The LOGIC of National Policies and Strategies for Open Educational Resources," *Int. Rev. Res. Open Distance Learn.*, vol. 14, no. 2, pp. 96–105, Jun. 2013.
- [41] P. Stacey, "Government Support for Open Educational Resources: Policy, Funding, and Strategies," *Int. Rev. Res. Open Distance Learn.*, vol. 14, no. 2, pp. 67–80, Jun. 2013.
- [42] J. Hilton III, D. Wiley, J. Stein, and A. Johnson, "The Four 'R's of Openness and ALMS Analysis: Frameworks for Open Educational Resources," *Open Learn.*, vol. 25, no. 1, pp. 37–44, Feb. 2010.
- [43] J. Hilton III and D. A. Wiley, "The Creation and Use of Open Educational Resources in Christian Higher Education," *Christ. High. Educ.*, vol. 9, no. 1, pp. 49–59, Jan. 2010.
- [44] S. Hoorens, L. V. van Dijk, C. van Stolk, and RAND Europe, "Embracing the Future: Embedding Digital Repositories in Higher Education Institutions. Research Brief," *RAND Corporation*, Jan. 2009.
- [45] R. Vuorikari and R. Koper, "Evidence of cross-boundary use and reuse of digital educational resources," *Int. J. Emerg. Technol. Learn. IJET*, vol. 4, no. 4, 2009.

- [46] J. Hilton III, D. A. Wiley, and N. Lutz, "Examining the Reuse of Open Textbooks," *Int. Rev. Res. Open Distance Learn.*, vol. 13, no. 2, pp. 45–58, Apr. 2012.
- [47] J. Schoonenboom, H. Sligte, and E. Kliphuis, "Guidelines for Supporting Re-Use of Existing Digital Learning Materials and Methods in Higher Education.," *ALT-J Res. Learn. Technol.*, vol. 17, no. 2, pp. 131–141, 2009.
- [48] N. Di Blass, A. Fiore, L. Mainetti, R. Vergallo, and P. Paolini, "A portal of educational resources: providing evidence for matching pedagogy with technology," *Res. Learn. Technol.*, vol. 22, no. 0, May 2014.
- [49] R. McKerlich, C. Ives, and R. McGreal, "Measuring Use and Creation of Open Educational Resources in Higher Education," *Int. Rev. Res. Open Distance Learn.*, vol. 14, no. 4, pp. 90–103, Oct. 2013.
- [50] S. M. Issack, "OERs in Context--Case Study of Innovation and Sustainability of Educational Practices at the University of Mauritius," *Eur. J. Open Distance E-Learn.*, no. 1, Jan. 2011.
- [51] D. Harley, S. Lawrence, S. K. Acord, J. Dixson, and B., Center for Studies in Higher Education University of California, "Affordable and Open Textbooks: An Exploratory Study of Faculty Attitudes. Research & Occasional Paper Series. CSHE.9.09," Center for Studies in Higher Education, Oct. 2009.
- [52] J. L., III. Hilton, D. Gaudet, P. Clark, J. Robinson, and Wiley. David, "The Adoption of Open Educational Resources by One Community College Math Department," *Int. Rev. Res. Open Distance Learn.*, vol. 14, no. 4, pp. 37–50, Sep. 2013.
- [53] P. Ahmad and M. Brogan, "Scholarly Use of E-Books in a Virtual Academic Environment: A Case Study," *Aust. Acad. Res. Libr.*, vol. 43, no. 3, pp. 189–213, Sep. 2012.
- [54] S. M. Duncan, "Patterns of Learning Object Reuse in the Connexions Repository," ProQuest LLC, 2009.
- [55] P. Reed, "Awareness, Attitudes and Participation of Teaching Staff towards the Open Content Movement in One University," *Res. Learn. Technol.*, vol. 20, Jan. 2012.
- [56] V. Rolfe, "Open Educational Resources: Staff Attitudes and Awareness," *Res. Learn. Technol.*, vol. 20, no. 1, Jan. 2012.
- [57] A. Cohen, S. Kalimi, and R. Nachmias, "The Use of Digital Repositories for Enhancing Teacher Pedagogical Performance," *Interdiscip. J. E-Learn. Learn. Objects*, vol. 9, 2013.
- [58] C. Breslin, D. Nicol, H. Grierson, A. Wodehouse, N. Juster, and W. Ion, "Embedding an Integrated Learning Environment and Digital Repository in Design Engineering Education: Lessons Learned for Sustainability," *Br. J. Educ. Technol.*, vol. 38, no. 5, pp. 805–816, Sep. 2007.
- [59] M. Bates, S. Loddington, S. Manuel, and C. Oppenheim, "Attitudes to the Rights and Rewards for Author Contributions to Repositories for Teaching and Learning," *ALT-J Res. Learn. Technol.*, vol. 15, no. 1, pp. 67–82, Mar. 2007.

Mag. Virginia Rodés Paragarino es doctoranda en Equidad e Innovación en Educación, Universidad de Santiago de Compostela, España. Magíster en Enseñanza Universitaria, Universidad de la República, Uruguay. Licenciada en Ciencias de la Comunicación, Universidad de la República, Uruguay. Es Profesora Agregada del Programa de Entornos Virtuales de Aprendizaje de la Universidad de la República, Uruguay). Autora o coautora de más de 60 artículos en revistas arbitradas y conferencias. Ha participado como coordinadora o integrante en más de 20 proyectos a nivel nacional e internacional en el área de tecnologías educativas. Pertenecer a LACLO (Latin American Community on Learning Objects) y a RIURE CYTED.

Dra. Adriana Gewerc Barujel nació en Córdoba, Argentina. Es licenciada en Ciencias de la Educación por la Universidad de Nacional de Córdoba-Argentina (1982) y Doctora en Pedagogía (1998) por la Universidad de Santiago de Compostela. Forma parte del grupo de investigación Stellae. Actualmente trabaja como profesora titular en esta universidad impartiendo las asignaturas Tecnología Educativa y Multimedia y Software Educativo. Es coordinadora del Grado de Pedagogía de la Facultad de Ciencias de la Educación y Directora del Departamento de Didáctica y Organización Escolar. Sus líneas de investigación se centran en la problemática y el significado de la integración de las tecnologías en las organizaciones educativas y sus implicaciones en la enseñanza. En ese contexto en el último tiempo explora para la docencia y la investigación, la utilización de nuevos entornos de enseñanza y aprendizaje. Ha dirigido tesis doctorales sobre estas temáticas y tiene libros y artículos publicados que evidencian el trabajo realizado en estos años.

Dr. Martín Llamas Nistal (M'92-SM'06) es ingeniero y doctor ingeniero de Telecomunicación por la Universidad Politécnica de Madrid, España (1986 y 1994 respectivamente). Es autor o coautor de más de 200 artículos en revistas y conferencias internacionales. Ha dirigido varios proyectos de investigación tanto a nivel nacional como internacional en los campos de telemática y aprendizaje electrónico. Es coordinador de la red RIURE del CYTED (riure.net) y Vicepresidente de Publicaciones de la Sociedad de Educación del IEEE.

Repositorios Educativos: Estudio de la Situación Actual y Estrategia para Mejorar su Uso Efectivo en las Universidades Ecuatorianas.

Jorge J. Maldonado, Josefina Sigüencia, Juan Pablo Carvallo

Title— Educational Repositories: Study of the current situation and Strategy to improve their effective use in Ecuadorian Universities.

Abstract—Educational Repositories of Digital Educational Material allow teachers and students to access to educational resources, to be used in virtual learning environments. The objective of this study is to explore to what extent Ecuadorian universities make use of educational repositories, specialized repositories of Learning Objects and the way in which they have evolved over the last five years. The study also aims to identify barriers and factors that hinder their use. It is expected that the conclusions drawn from this analysis will allow the design of strategies aimed to promote the creation and use of quality digital educational materials.

Index Terms— repositories, learning object, digital material, educational resources, learning management systems

I. INTRODUCCIÓN

EL advenimiento de la sociedad del conocimiento y las tecnologías de la información han aportado en gran medida al desarrollo de la humanidad. Sin embargo también han introducido nuevos retos, a distintos niveles, incluyendo los que conlleva el proceso de enseñanza-aprendizaje, necesario para difundir un volumen cada vez más abrumador de nuevo conocimiento generado. Por un lado, la nueva generación de aprendices (a quienes se los considera como nativos digitales) y la forma en cómo estos hacen uso de las nuevas tecnologías, abordando el conocimiento desde distintas premisas muy diferentes a las del pasado. Por otro, los profesores (inmigrantes digitales), generadores de profundos cambios en la sociedad al formar profesionales competentes, pero que ven limitadas sus habilidades frente a las nuevas tecnologías o sus potenciales usos para incrementar la eficiencia en la educación.

En la actualidad los materiales educativos digitales (MED en adelante) son el medio a través de los cuales se canaliza la información, en lo que se puede definir como un nuevo paradigma educativo, impulsado por la sociedad del conocimiento, cuya característica principal es la flexibilidad

geográfica y temporal para accederla. Con el objeto de facilitar el acceso y compartir los recursos generados en diversas instituciones, en los últimos años se ha extendido el uso de un tipo particular de MED conocido como Objetos de Aprendizaje (OA), los cuales se encuentran disponibles a través de Repositorios Educativos de OA [1]. Se conoce como OA al MED que se utiliza para el aprendizaje en diversos contextos tecnológicos, como por ejemplo los Entornos Virtuales de Enseñanza y Aprendizaje (EVEA en adelante) y que puede ser reutilizado en contextos educativos y tecnológicos diferentes. Un OA es una unidad didáctica digital independiente, cuya estructura está formada por un objetivo de aprendizaje específico, un contenido, actividades y una autoevaluación. Además cuenta con unos metadatos que propician su localización dentro de los repositorios y permiten abordar su contextualización[2].

Más allá de algún estudio puntual [3] en el que se aborda parcialmente la situación de los EVEAs en el Ecuador, hasta donde sabemos, no existe información suficiente que permita determinar entre otra cosas la cantidad y el tipo de repositorios de MED que las universidades ecuatorianas poseen, el tipo de material que albergan y su naturaleza como repositorios de libre acceso o no. Tampoco existe información sobre el tipo de EVEA que utilizan las universidades en sus prácticas educativas, para desplegar los MED, si estas disponen o no de metodologías que guíen el proceso de generación del MED y más aún, de políticas comunes y acuerdos que permitan definir la “calidad” de estos materiales educativos digitales en el ámbito educativo y tecnológico.

Este estudio tiene como propósito explorar, recopilar información y evidenciar la existencia de los Repositorios Educativos (Material Digital como tesis, artículos o presentaciones, o MED como OA o colecciones de ellos) y de los EVEAs, de los que disponen las Universidades Ecuatorianas. En base a los resultados, se espera poder definir estrategias que permitan mejorar la usabilidad de repositorios educativos en el Ecuador. El resto del artículo se estructura de la siguiente manera: la sección 2 presenta el trabajo relacionado, la sección 3 describe el objetivo del estudio, la sección 4 describe el método de investigación, la sección 5 presenta los resultados del estudio preliminar, la sección 6 describe las estrategias para mejorar la usabilidad de los repositorios educativos en el Ecuador y la sección 7 incluye las conclusiones y líneas de trabajo futuro.

II. TRABAJO RELACIONADO

Estudios como el descrito en [4, 5] revelan que, aunque en apariencia los Repositorios de OA son muy útiles y se consideran como la solución para distribuir y reutilizar material de aprendizaje, la cantidad de trabajo y tiempo

Jorge Maldonado, es Docente Titular Agregado en la Universidad de Cuenca, Ecuador, pertenece a la Facultad de Ingeniería y al Departamento de Ciencias de la Computación (e-mail: jorge.maldonado@ucuenca.edu.ec).

Josefina Sigüencia, es especialista de repositorios digitales de la Red Nacional de Educación e Investigación del Ecuador (CEDIA)(e-mail: josselin.sigüencia@cedia.org.ec).

Juan Pablo Carvallo, es Docente en la Universidad de Cuenca, Ecuador, pertenece a la Facultad de Ingeniería y al Departamento de Ciencias de la Computación y Director Ejecutivo de la Red Nacional de Educación e Investigación del Ecuador (CEDIA)(e-mail: pablo.carvallo@ucuenca.edu.ec, jpcarvallo@cedia.org.ec).

requerido para utilizarlos es la principal razón de la renuencia de los docentes frente a su utilización.

En otros trabajos como [6, 7, 8, 9] se han identificado barreras que limitan al acceso y uso de los repositorios educativos, entre las que se cuentan: falta de disponibilidad de banda ancha y visibilidad de los recursos digitales (técnica), falta de recursos para invertir en hardware y software requeridos para desarrollar y compartir MED (económica), falta de competencias en el uso de estas invenciones técnicas y estilo de comunicación (social), resistencia a compartir y usar recursos producidos por otros docentes u otras instituciones (cultural), desconocimiento sobre la forma de licenciar propiedad intelectual (legal) [10]. En adición estos trabajos, citan factores de distinta naturaleza que comprometen su usabilidad, entre ellos: los de orden conceptual y pedagógico (relativos a los conceptos de MED, OA, repositorios y su reutilización) y los políticos y organizativos (postura de la institución y de los servicios implicados en la puesta en marcha, definición de procesos y gestión del repositorio y contenidos).

Otros estudios a nivel de Iberoamérica [11,12,13,14] han tenido por objeto explorar y describir la evolución y situación de los repositorios educativos institucionales de Material Digital y OA en distintos países de la región. Estos estudios evidencian que el tipo de material educativo almacenado, incluye en su mayoría tesis de maestría y doctorado, así como artículos científicos. En relación a infraestructura, el software más utilizado es *Dspace*, con esquemas de metadatos *DublinCore* con y sin calificación. Adicionalmente los estudios evidencian que las políticas institucionales no son claras, los servicios desplegados sobre los repositorios son escasos, los entornos se encuentran poco personalizados y el soporte a las comunidades de usuarios es casi nulo. Las lecciones aprendidas en estos estudios han permitido comprender que, cualquier trabajo en relación a repositorios educativos, debe partir de estudio diagnóstico que describa la situación de partida en el contexto en el que son utilizados, que permita diseñar estrategias adecuadas orientadas a mitigar las barreras y los factores que afectan su implementación y usabilidad.

Hasta donde sabemos, en Ecuador no existen estudios similares que hayan sido publicados y puestos en consideración de la comunidad académica, que puedan ser utilizados como punto de partida para la definición de estas estrategias, incluyendo estándares que permitan mejorar su interacción a nivel nacional.

III. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

En base a lo descrito en la sección anterior, el objetivo final de este trabajo es el de relevar la existencia de Repositorios Educativos y definir un conjunto de estrategias que permitan mejorar la adopción, acceso y usabilidad de estos en el Ecuador. Como primer paso se ha realizado un estudio exploratorio (encuesta), con el propósito de identificar la situación actual de los repositorios educativos en las universidades ecuatorianas al año 2014. El estudio abordó las siguientes preguntas de investigación:

- 1) ¿Cuántas y cuáles Universidades Ecuatorianas disponen de mecanismos institucionales de creación y gestión de colecciones de Material Digital y/o de OA?

- 2) ¿Qué tipos de contenido almacenan los repositorios de Material Digital?
- 3) ¿Cuáles son los mecanismos utilizados para la de evaluación de la calidad de los OA?
- 4) ¿Cuáles son los métodos o guías que utilizan para producir el material educativo y/o los OA?
- 5) ¿Cuáles son los entornos virtuales de enseñanza y aprendizaje utilizados para desplegar el Material Digital y los Objetos de Aprendizaje?
- 6) ¿Qué características de un EVEA son relevantes para las universidades en el Ecuador?

IV. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

Como la naturaleza de esta investigación es claramente exploratoria, se llevó a cabo el estudio utilizando la encuesta como método empírico para recopilar información dándole un enfoque de investigación cuantitativa y cualitativa. Para ello se elaboraron encuestas estructuradas diseñadas para recoger datos directamente de las universidades [15]. La encuesta fue diseñada siguiendo las directrices establecidas en [16], partiendo de un protocolo que incluye los siguientes pasos:

1) *Determinar los objetivos de la encuesta:* se cuidó que los objetivos sean lo más claros y precisos posible con el fin de que puedan medirse.

2) *Diseñar la encuesta:* el tipo de encuesta fue transversal donde se solicitó a los participantes información en un momento dado.

3) *Desarrollo del cuestionario:* para su desarrollo se revisó literatura relevante, se incluyó preguntas de tipo abierto y cerrado, tomando en consideración la variable, su dimensión y el indicador (diseño de las respuestas).

4) *Evaluar y validar el cuestionario:* se realizó una prueba previa con el propósito de comprobar que las respuestas se entiendan correctamente, evaluar el índice probable de respuestas, y comprobar que el método de análisis de datos es compatible con las respuestas que se obtuvieron.

5) *Obtener los datos del cuestionario:* para esto se utilizó la herramienta formulario de Google.

A. Determinación de la Muestra

El total de instituciones que pertenecen al Sistema de Educación Superior son 54. Para establecer el tamaño de la muestra se delimitó el nivel de confianza en un 95%, el intervalo de confianza en un rango de 12. Esto determinó que el número de instituciones a las que se envió la encuesta fuera de 31 (17 públicas y 14 privadas), estas universidades forman parte de la Red Nacional de Educación e Investigación del Ecuador (CEDIA), y que constituyen el 57% de las Universidades del país. El primer envío se hizo en marzo de 2014 donde se obtuvo la respuesta de 13 universidades. Posteriormente, en mayo, se realizó un segundo envío a las universidades que no contestaron inicialmente para intentar recolectar el mayor número de datos posibles. La recogida de datos se dio por finalizada en junio de 2014 después de realizar dos recordatorios, por correo electrónico y mediante llamada telefónica, por medio de las que se logró recopilar la información de 16 universidades.

B. Procedimiento de Recolección de Datos

La recogida de datos se realizó mediante una encuesta en línea, disponible en [17], cuya URL

(<http://goo.gl/forms/vRHmdxmdUa>) se distribuyó por correo electrónico a los delegados técnicos nombrados para cada Universidad, quienes tienen acceso a información relevante para completarla. De las 31 instituciones consultadas, 16 devolvieron las encuestas completadas, 8 pertenecían a Universidades Públicas y 8 pertenecían a Universidades Privadas. Para completar la información se planteó como estrategia realizar búsquedas en directorios de repositorios bien conocidos a nivel internacional y nacional, entre los que se cuentan *OpenDoar*[18] (directorio internacional de repositorios académicos de acceso abierto que forma parte del llamado Movimiento de acceso abierto) de la Universidad de *Nottingham*; el del Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador – SNIIESE [19] y el del Consorcio de Bibliotecas Universitarias del Ecuador – COBUEC [20]. La búsqueda fue realizada por un experto en Repositorios Digitales que forma parte del equipo de este proyecto. Para completar la búsqueda de información relacionada con los EVEAs, se realizaron búsquedas dentro de la página web de cada universidad, al campus virtual de la institución y de aquellas que no se pudo encontrar información, se completó la búsqueda en el portal <http://www.moodle.net/sites>.

C. Diseño de la Encuesta

El cuestionario se estructuró con tres apartados:

- Repositorios institucionales de Material Digital y OA
- Producción de Material Educativo Digital
- Entornos Virtuales de Enseñanza y Aprendizaje

El cuestionario incluyó 13 preguntas que buscaban responder las preguntas de investigación planteadas. El cuestionario partía del supuesto de que la institución que la recibía ya disponía de algún tipo de repositorio educativo. Sin embargo, se daba opción a cumplimentar un formulario alternativo a aquellas instituciones que todavía no los habían puesto en marcha. El cuestionario elaborado incluyó un glosario en el que se estableció de manera clara los conceptos fundamentales requeridos para unificar la semántica y garantizar la calidad del proceso de levantamiento de datos. Los principales conceptos incluidos en el mismo son:

– *Material digital*: "Recursos Digitales utilizados en el proceso de enseñanza aprendizaje de las asignaturas que imparten los profesores o el conjunto de materiales que un profesor o alumno utiliza para cursar una asignatura: programa, calendario, guía docente, propuesta de actividades, tutoriales, tesis, presentación multimedia, hojas de cálculo...".

– *Objetos de aprendizaje (OA)*: "Material digital que se crea con el objetivo de generar aprendizaje, y se lo considera como una unidad didáctica digital independiente, cuya estructura está formada por un objetivo de aprendizaje específico, un contenido, actividades y una autoevaluación, y que puede ser reutilizada en diferentes contextos tecnológicos (Repositorios, Entornos virtuales de enseñanza y aprendizaje) y educativos. Además cuenta con unos metadatos que propicien su localización dentro de los repositorios y permitan abordar su contextualización" [12,21].

– *Entorno Virtual de Enseñanza y Aprendizaje (EVEA)*: "Aplicación informática diseñada para facilitar la comunicación pedagógica entre los participantes en un proceso educativo, sea este completamente a distancia, presencial, semipresencial, etc., y que combinan una variedad de herramientas con la finalidad de dar soporte a profesores y estudiantes, poder optimizar las distintas fases del proceso de enseñanza y aprendizaje" [22].

D. Búsqueda de Información Complementaria en Repositorios

Tal como se mencionó anteriormente, con el objeto de completar el estudio y mejorar la calidad de la información, se realizaron búsquedas en los siguientes repositorios:

– *Búsqueda en el Directorio OpenDoar*: La segunda fuente de consulta del estudio se centró en el directorio *OpenDoar* que recoge y clasifica los repositorios académicos (en abierto) a nivel mundial. *OpenDoar* permite buscar repositorios o contenidos dentro de ellos, además provee herramientas y ayuda tanto para los administradores de los repositorios como para los proveedores de servicios.

Se identificaron 16 repositorios educativos con contenido digital pertenecientes a 15 universidades Ecuatorianas. Los contenidos incluyen Material Digital (tesis, capítulos de libros, material multimedia, documentos) que fueron también identificados en las encuestas realizadas (ver Tabla I). Es importante destacar que los datos estadísticos del directorio *OpenDoar* (ver Fig. 1) muestran un crecimiento lineal del número de repositorios de Material Digital en el Ecuador. El primer repositorio de Material Digital fue registrado el 1 de abril de 2008 y el crecimiento anual del número de repositorios es casi constante de 3 a 4 repositorios por año, a excepción del año 2010 en el que se triplica este número a 9 repositorios. En lo que respecta a los repositorios de OA, el primer repositorio registrado fue en abril de 2008.

El número de repositorios de OA no ha incrementado de forma lineal en comparación con los repositorios de Material Digital, en 2008 se registran 2 repositorios, en 2010 se registra 1 repositorio y desde el año 2012 este número decreció a 2 repositorios en total (Ver Fig. 2).

– *Búsqueda en el Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador (SNIIESE)*: La tercera fuente de consulta del estudio fue el Sistema SNIIESE que

TABLA I
REPOSITARIOS UNIVERSIDADES ECUATORIANAS EN *OPENDOAR*
(MARZO, 2015)

Nro.	Repositorios /Universidad	No. Recursos	Tesis	Software
1	ESPOCH	22	+	DSpace
2	ESPOL	27642	+	DSpace
3	EPN - Tesis	4047	+	HTML
4	EPN	8478	+	DSpace
5	UCSG	2868	+	DSpace
6	UCUENCA	20099	+	DSpace
7	UTE	8106	+	DSpace
8	UTPL	3001	+	DSpace
9	UEB	1586	+	DSpace
10	ESPE	8123	+	DSpace
11	IAEN	3618	+	DSpace
12	PUCE	6105	+	DSpace
13	UDLA	2295	+	Desconocido
14	UPS	6092	+	DSpace
15	USFQ	3411	+	DSpace
16	ULEAM	1290	+	Dspace

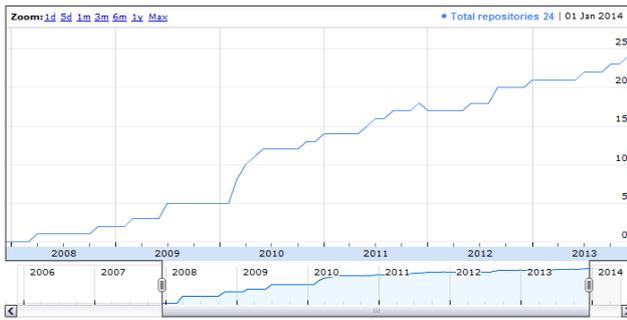


Fig. 1. Evolución de los Repositorios Institucionales (MD) de las universidades ecuatorianas. (Fuente *OpenDoar*, Marzo de 2015).



Fig. 2. Evolución de los Repositorios de Objetos de Aprendizaje de las universidades ecuatorianas.

recoge una lista de aquellos repositorios que almacenan las tesis de grado de las universidades y otros institutos de educación superior ecuatorianos.

Como resultado se identificaron once universidades que disponen de repositorios de Material Digital pero que no están registrados en *OpenDoar*, y tres universidades que constan en el SNIESE pero que no disponen de repositorio para almacenar Material Digital (ver Tabla II).

– *Búsqueda en el Consorcio de Bibliotecas Universitarias del Ecuador (COBUEC)*: La cuarta fuente de consulta del estudio el portal de COBUEC, en el que se encontró enlaces a los repositorios de dos universidades que no respondieron a la encuesta y que no están registradas ni en *OpenDoar*, ni en el SNIESE (ver Tabla III).

E. Procedimiento de Comprobación de Datos

Una vez concluido el proceso de recogida de datos, se procedió a explorar individualmente los sitios web de todas las universidades con el objeto de:

- Depurar las respuestas proporcionadas por las universidades que respondieron los cuestionarios, con el propósito de obtener los datos necesarios para responder a la pregunta de investigación 2.
- Intentar completar cuestionarios con datos de las universidades que no los respondieron.
- Estudiar cualitativamente las respuestas obtenidas.

La exploración se llevó a cabo durante los meses de mayo y junio. Se comprobaron y completaron cada una de las respuestas. De esta forma se mejoró la calidad de los datos obtenidos.

TABLA II
UNIVERSIDADES ECUATORIANAS MIEMBROS DE CEDIA
(SNIESE, JUNIO 2014)

No.	Universidad	URL de Repositorio	OpenDoar
1	UTA	http://repo.uta.edu.ec	No Registrado
2	UNACH	http://dspace.unach.edu.ec/	No Registrado
3	UNL	http://dspace.unl.edu.ec/jspui	No Registrado
4	UTN	http://repositorio.utn.edu.ec	No Registrado
5	UNEMI	http://repositorio.unemi.edu.ec	No Registrado
6	UIDE	http://dspace.internacional.edu.ec:8080/jspui/handle/123456789/1	No Registrado
7	UNIANDES	http://dspace.uniandes.edu.ec	No Registrado
8	UEA	http://www.uea.edu.ec/jspui/	No Registrado
9	PUCESI	http://dspace.pucesi.edu.ec	No Registrado
10	PUCESD	http://www.pucesd.edu.ec/biblioteca/	No Registrado
11	UDA	http://dspace.uazuay.edu.ec/	No Registrado
12	UPEC	Sin Repositorio	-
13	UTI	Sin Repositorio	-
14	UCACUE	Sin Repositorio	-

TABLA III
UNIVERSIDADES ECUATORIANAS CON REPOSITORIOS EN COBUEC
(MAYO, 2014)

No.	Universidad	URL de Repositorio	Software
1	UASB	http://repositorio.uasb.edu.ec/	Dspace
2	TC	http://repositorio.utc.edu.ec/	Dspace

V. RESULTADOS

Los siguientes párrafos resumen las respuestas obtenidas.

- 1) *¿Cuántas y cuáles son las universidades ecuatorianas que disponen de mecanismos institucionales de almacenamiento y recuperación de colecciones de Material Digital y/o de Objetos de Aprendizaje?* De las universidades ecuatorianas miembros de CEDIA (31), se contabilizaron 28 universidades que disponen de algún tipo de repositorio educativo para el almacenamiento y gestión de colecciones de Material Digital. De estas universidades, 15 tienen registrados sus repositorios en *OpenDoar* (16 repositorios), 11 universidades poseen repositorios publicados en el SNIESE, 2 universidades poseen repositorios publicados en el COBUEC y 3 universidades no disponen de un repositorio para almacenar material digital.
- 2) *¿Qué tipos de contenido almacenan los repositorios de Material Digital?* De las 28 universidades con repositorio, apenas 3 (UTPL, UTN, EPN) poseen repositorios especializados para almacenar OA. Los repositorios que disponen las 25 universidades restantes son repositorios de Material Digital y son de carácter académico y almacenan en su mayoría tesis de grado, documentos y artículos. La Fig. 3 muestra el tipo de contenido que almacenan los repositorios de Material digital según *OpenDoar*. Las universidades que no poseen repositorios especializados, fueron consultadas sobre su necesidad de crear un repositorio especializado de OA. El 87,5% de las universidades (14) respondieron afirmativamente, considerando necesaria su creación. Consultadas sobre las razones por las cuales no tienen implementados repositorios especializados de OA, se mencionó como la principal causa, en un 64% de los casos, la falta de una metodología para la producción de OA y como segunda causa, en un

50% de los casos, la falta de recurso humano capacitado para implementar el repositorio especializado de OA.

- 3) *¿Cuáles son los mecanismos utilizados para la evaluación de la calidad de los OA?* De las universidades que respondieron a la encuesta (16), el 50% manifiestan realizar algún tipo de evaluación de la calidad del Material Digital y de los OA de sus repositorios. Estas Universidades son: UPS, UTA, UIE, UTN, ESPE, UNIANDES, UTPL, UCUENCA. Sin embargo, la evaluación en todos estos casos sigue un proceso ad-hoc, que no considera métodos y criterios más formales como los documentados en [23, 24, 25] (Ver Tabla IV).
- 4) *¿Cuáles son los métodos o guías que utilizan para producir el material educativo y/o los OA?* Solo 2 universidades (UTPL, ESPE) indicaron disponer de un método o guía para producir OA. Las demás universidades encuestadas no disponen de ningún mecanismo que les guíe en la creación de material educativo y/o OA. También es importante indicar, que de las universidades que respondieron (16) el 100% están interesadas en participar en las pruebas de un método para crear OA. Se puede concluir que pese a existir trabajos en Iberoamérica relacionados con métodos para la producción de OA como [26,27,28,29], las universidades ecuatorianas al parecer desconocen de las mismas, por lo que es urgente establecer acuerdos que permitan adoptar un método formal o de facto para la creación de OA por parte de las mismas.
- 5) *¿Cuáles son los entornos virtuales de enseñanza y aprendizaje utilizados para desplegar el Material Digital y los Objetos de Aprendizaje?* El 97% de las universidades cuentan con algún EVEA. Entre los EVEAs utilizados podemos destacar: Moodle (74,2%), Desarrollo propio (6,5%), Blackboard (3,2%) Desire2Learn (3,2%), E-ducativa (3,2 %) y sin EVEA (9,7%).
- 6) *¿Qué características de un EVEA son relevantes para su universidad?* A partir de varios trabajos [30, 31, 32] se seleccionaron los criterios de interactividad, flexibilidad, escalabilidad, estandarización, usabilidad, funcionalidad, ubicuidad y accesibilidad, como las características más importantes a tener en consideración para la selección de un EVEA. De las respuestas obtenidas, la interactividad y la estandarización son dos de las características más relevantes para las universidades que respondieron al cuestionario (16) (ver Fig. 4).

A. Limitaciones del Estudio

En este estudio empírico se analizaron aquellos aspectos que podían amenazar la validez de los resultados obtenidos, de acuerdo a las guías provistas en [33]:

- a) *Validez interna:* se refiere a la fiabilidad de la encuesta. La validez de los datos recolectados a través del cuestionario es dependiente de la experiencia de los encuestados. La mayoría de los encuestados son profesionales con experiencia en el área técnica. El riesgo de maduración se tuvo en cuenta y por ello se diseñó un cuestionario que no requería más de 20 minutos para completarlo. A pesar de esto se tuvo el caso de 2

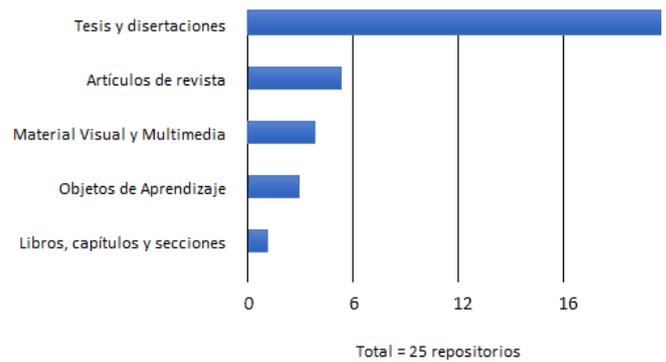


Fig. 3. Tipos de contenidos que almacenan los repositorios MD (Fuente *OpenDoar*, Marzo de 2015).

TABLA IV
TIPO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS MD Y OA POR UNIVERSIDAD

Universidad	Tipo de Evaluación
UPS	El repositorio almacena la información de tesis y artículos científicos principalmente, la validación se la hace en el ámbito académico y solo es subida al repositorio cuando se la ha validado en las diferentes áreas de conocimiento. Además el equipo que sube el contenido al repositorio realiza una revisión del formato y requisitos.
UTA	Existen estándares de calidad que son aplicados por personal de biblioteca.
UIE	Antes de publicar el material se hace un proceso de revisión que pasan por diferentes instancias de revisión.
UTN	Cada docente elabora y evalúa su material antes de subirlo y el estudiante califica cada recurso subido por el docente.
ESPE	En el caso de OA y guías de estudio pasa por diversas etapas de revisión y validación.
UNIANDES	Bajo estándares definidos por parte de la unidad de gestión de calidad y entregados a los encargados de subir información (Bibliotecarios).
UTPL	Existen estándares de calidad que son aplicados por personal de biblioteca.
UCUENCA	Se definen estándares por parte de la unidad de biblioteca, que son revisados antes de ser incorporados al repositorio.

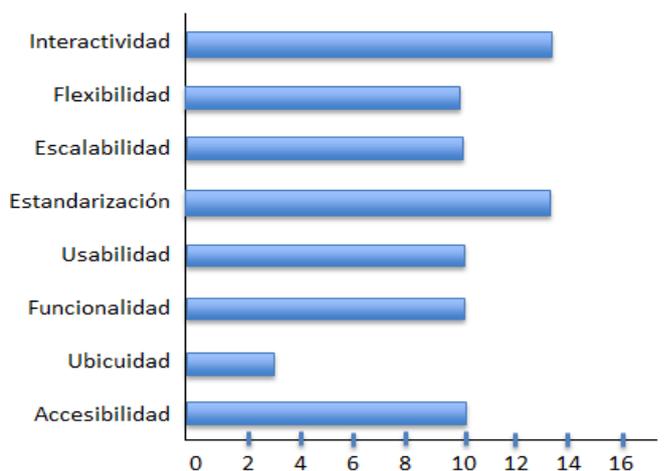


Fig. 4. Relevancia de las características de un EVEA.

encuestados que comenzaron a completar el cuestionario y lo abandonaron.

- b) *Validez externa:* se refiere a la generalización de los resultados en el ámbito de las universidades ecuatorianas. Las universidades a las que se solicitó responder al cuestionario fueron seleccionadas en base a listas conocidas, considerando instituciones tanto públicas como privadas. De

esta manera se buscó incluir a todas las universidades relevantes para el estudio.

c) *Validez de las conclusiones:* el tamaño de la muestra (31 universidades) es significativo para producir un poder estadístico aceptable y es innegable que aunque existen universidades que no se incluyeron en el estudio, los resultados pueden ser considerados relevantes y decisivos, y por tanto considerarlos concluyentes para desarrollar estrategias que permitan mejorar el uso efectivo de los repositorios educativos en las universidades ecuatorianas.

VI. ESTRATEGIAS PARA MEJORAR LA USABILIDAD DE REPOSITARIOS EDUCATIVOS EN EL ECUADOR

La definición de estrategias para mejorar la usabilidad de repositorios educativos en el Ecuador es un proceso que requerirá aun de más estudio, sin embargo se han definido ya algunas estrategias en relación a las brechas y factores descritos en la sección II y los resultados de este estudio afines con ellos. En la Tabla V se puede observar las relaciones directas (“D”, a aquellas que se encuentran directamente descritas en las respuestas obtenidas en el estudio) e indirectas (“I”, aquellas que pueden ser inferidas a partir de las respuestas obtenidas en el estudio), identificadas entre las respuestas a las preguntas incluidas en este estudio y, las brechas y los factores que afectan la usabilidad de repositorios. Posterior a esto, para cada caso se proponen estrategias que apoyan a la adopción y uso de los repositorios.

Estrategia 1: Gestión delegada y centralizada de un Repositorio de MED

Barreras: Tecnológica y Económica

Discusión: En relación a las barreras Tecnológica y Económica (generalmente van de la mano), se puede indicar que aunque el número de repositorios universitarios de MED ha crecido en estos últimos cinco años (de 4 a 25), todavía existe un porcentaje significativo de universidades Ecuatorianas (50%) que sigue sin disponer de los recursos necesarios (hardware y software) que permitan visibilizar la producción de MED y gestionar su almacenamiento, búsqueda y despliegue.

Así mismo, es significativo señalar que actualmente las universidades Ecuatorianas al no disponer de repositorios especializados para almacenar el MED, han optado por otras soluciones ad-hoc, tales como la integración del MED y otro tipo de material en los repositorios institucionales de carácter general ya existentes en las mismas. Esto se puede explicar si se considera qué, como practica general, son las bibliotecas institucionales las responsables de la creación y mantenimiento de los repositorios universitarios. Conviene tener en cuenta también, que, generalmente los servicios de biblioteca no están orientados a gestionar material educativo producido, lo cual hace más difícil la localización, utilización y difusión de los recursos educativos institucionales.

Propuesta: Generar un repositorio nacional centralizado sobre la infraestructura de CEDIA, de forma que, su administración, implementación y despliegue, mejore la visibilidad académica del MED producido por distintas instituciones, adoptando estándares comunes a nivel nacional. Esto es posible, gracias a que la plataforma de CEDIA, fue adquirida con recursos de múltiples

TABLA V
RELACIÓN ENTRE BARRERAS Y FACTORES QUE AFECTAN LA USABILIDAD DE REPOSITARIOS EDUCATIVOS Y RESPUESTAS A LAS PREGUNTAS DEL ESTUDIO

Barreras y Factores	Preguntas					
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Tecnológicos (relativos a la implementación, funcionamiento, visibilidad, uso del repositorio y de los OA).	D	D	I	I	D	D
Económicos (falta de recursos para invertir en hardware y software requeridos para desarrollar y compartir MED)	D	D	I	I	D	I
Social (falta de competencias en el uso de estas invenciones técnicas, estilo de comunicación)	D	I	D	D	I	D
Cultural (resistencia a compartir y usar recursos producidos por otros docentes u otras instituciones)	D	I	I	D	I	I
Legal (desconocimiento sobre la forma de licenciar propiedad intelectual).	D	I	D	I	I	I
De orden conceptual y pedagógico (relativos a los conceptos de MED, OA, repositorios, Evea y a la reutilización)	D	D	D	D	I	D
De orden político y organizativo (en cuanto a la postura de la institución y de los servicios implicados en la puesta en marcha, definición de procesos y gestión del repositorio y sus contenidos)	D	I	D	D	I	I

instituciones, y está orientada a desarrollar servicios de apoyo a las mismas.

Estrategia 2: Plan Nacional de Capacitación en uso de TIC

Barrera: Social

Discusión: La mayoría de los docentes se les recomienda el uso de tecnologías dentro y fuera del aula de clase, sin embargo no están dotados de las competencias necesarias para lograr una mediación didáctica a través del MED, lo que ocasiona que los canales de mediación con los estudiantes sean distintos, sobre todo, si consideramos que en su mayoría son nativos digitales. Tampoco se ha dado la importancia y necesidad de la gestión de los MED por parte de los docentes, puesto que su creación implica mayor esfuerzo y supone una carga de trabajo adicional que no es valorada económica ni socialmente.

Propuesta: Como estrategia para superar esta barrera se puede diseñar un plan nacional de capacitación en el uso de tecnologías para desarrollar contenidos educativos y diseñar programas de incentivos y recompensas a los docentes destacados dentro de la comunidad académica universitaria.

Estrategia 3: Concurso Nacional de OA

Barrera: Cultural

Discusión: Los docentes no han adquirido el hábito de compartir y reutilizar MED disponible en los repositorios, hay una reticencia a utilizarlos puesto que las búsquedas suelen ser poco efectivas y el material localizado no cumple con las expectativas o las necesidades asociadas. Culturalmente es poco aceptado el utilizar MED producido por otras instituciones que pudieran estar “mejor o peor” ranqueadas.

Propuesta: A más de la existencia del repositorio nacional de MED, esta barrera puede ser superada mediante el estímulo que generaría el concurso nacional de OA, el cual buscaría fomentar la publicación, compartición y reutilización del MED producido por los participantes, dando visibilidad a los contenidos generados.

Estrategia 4: Herramientas de soporte para la validación y licenciamiento

Barrera: Legal

Discusión: Existe, el temor a que el MED desarrollado por los docentes sea víctima de plagio y sus derechos como autores sean desconocidos ante la comunidad académica. Esto tiene mucha relación con el desconocimiento sobre la forma de licenciar de forma adecuada la propiedad intelectual.

Propuesta: Esta barrera puede ser superada con el desarrollo de una herramienta instalada sobre el repositorio nacional de MED, que a más de la revisión y validación de los OA por parte de pares académicos, previa su publicación en el repositorio, permita la evolución colaborativa de OA, manteniendo la propiedad intelectual original y de las versiones evolucionadas, junto a una capacitación sobre la forma de licenciar y reutilizar el MED publicado.

Estrategia 5: Conformación de un Grupo de trabajo en Tecnologías Educativas

Factor: Conceptual y pedagógico

Discusión: Se evidencia que la falta de acuerdos y/o el desconocimiento sobre lo que son los OA y el por qué se debe adoptar repositorios especializados de OA dentro de las instituciones universitarias, hace muy complejo diferenciar estos materiales educativos digitales especializados de los materiales digitales tradicionales (presentaciones, tesis, videos, imágenes, etc.). Debido a ello se desaprovecha la potencialidad de este tipo de contenido en el ámbito educativo, desde la perspectiva didáctica, pedagógica y tecnológica.

Los OA son costosos de crear y sin una propuesta metodológica y un modelo de calidad consensuado, eficaz y fiable, se hace difícil que los profesores y las universidades afronten la tarea de crear OA y repositorios especializados para almacenar OA. Si se quiere desplegar estos recursos sobre distintos EVEAs, debería ser posible contar con estándares formales [12, 26, 27] o de facto que garanticen la interoperabilidad de los recursos educativos. Esto favorecerá la reutilización de los recursos en distintos contextos tecnológicos.

Las universidades no disponen de mecanismos formales para garantizar la calidad de los Materiales Digitales y de los OA, como los descritos en [24, 25, 34, 35]. Cada universidad ha adoptado criterios ad-hoc en base a su experiencia, los cuales no parecen haber sido contrastados ni probados respecto a su eficacia didáctica y tecnológica.

Propuesta: La conformación de un grupo de trabajo en Tecnologías Educativas, permitirá que se proporcione los lineamientos conceptuales sobre el paradigma de OA y su uso dentro del ámbito de las tecnologías educativas, dando las pautas necesarias para abordar su concepción, diseño, creación, despliegue sobre distintos entornos tecnológicos y gestión de la calidad.

Estrategia 6: Políticas Nacionales sobre la creación, publicación y uso de OA.

Factor: Político y organizativo

Discusión: La puesta en marcha de un repositorio y de los servicios implicados, como por ejemplo, la definición de procesos para la gestión de los contenidos en el repositorio, es un tema que no ha tenido consenso entre las universidades ecuatorianas, en parte, porque cada institución a determinado políticas institucionales ad-hoc orientadas cubrir sus necesidades específicas, adaptándose al contexto, lo que indica que no fueron planificadas para ser sostenibles en el tiempo en algunos casos.

Por otro lado, poner en marcha un repositorio y los servicios adyacentes implica una inversión inicial, lo que podría convertirse en algo no estratégico para las universidades, si como política no se tiene previsto invertir en estos mecanismos de difusión de contenidos y difieren de la visión de las universidades.

Propuesta: Proporcionar directrices específicas sobre la creación, publicación y uso del MED en el repositorio centralizado, que permita evaluar estadísticamente su eficacia en la gestión de los contenidos, que permita integrarse a otros ecosistemas globales, buscando su sostenibilidad a lo largo de tiempo.

VII. CONCLUSIONES

Este estudio ha permitido develar la situación actual de los repositorios de MED y de OA en Ecuador, así como el grado de interés en cuanto al control de la calidad de los materiales producidos por las universidades.

Se ha podido identificar cuáles son las barreras y factores que afectan la usabilidad de los repositorios a nivel nacional, en relación a las barreras y factores descritos en la literatura y establecer una serie de estrategias que permitan mejorar la usabilidad de estos repositorios educativos en el Ecuador. Estas estrategias son:

- Estrategia 1: Gestión delegada y centralizada de un Repositorio de MED
- Estrategia 2: Plan Nacional de Capacitación en uso de TIC
- Estrategia 3: Concurso Nacional de OA
- Estrategia 4: Herramientas de soporte para validación y licenciamiento
- Estrategia 5: Conformación de un Grupo de trabajo en Tecnologías Educativas
- Estrategia 6: Políticas Nacionales sobre la creación, publicación y uso de OA.

En relación al trabajo futuro, se ha identificado una serie de acciones a ejecutarse a corto y mediano plazo con el propósito de complementar las estrategias mencionadas. Para esto se tiene previsto:

- Proporcionar una metodología para el diseño y creación de OA, tanto para docentes como para equipos de desarrollo de material educativo
- Analizar los modelos de evaluación para la determinación de la calidad de los OA
- Recopilar información sobre el estándar de metadatos utilizados por las universidades
- Recopilar información sobre la forma de licenciamiento de los MED.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido financiado por Red Nacional de Educación e Investigación del Ecuador (CEDIA), a quienes agradecemos por el proyecto de investigación: "Repositorios y Objetos de Aprendizaje". También agradecemos a las personas y universidades que participaron respondiendo las encuestas.

REFERENCIAS

- [1] G. Richards, R. McGreal, M. Hatala, and N. Friesen, "The Evolution of Learning Object Repository Technologies: Portals for On-Line Objects for Learning," *J. Distance Education*, vol. 17, no. 3, pp. 67-79, 2002.
- [2] J. Maldonado, A. Fernández-Pampillón and C. Sanz, "Analysis Framework for Tailored Selection of Learning Objects Methodologies". The International Workshop on Collaboration and e-Learning, CTS 2015, Atlanta, Georgia, Estados Unidos. (In Press), 2015.
- [3] D. Gil, K. Rosero and C. Raza, "Una mirada hacia el Ecuador frente a las tecnologías de la información y la comunicación en el ámbito educativo. Educación y Futuro," *Revista de investigación aplicada y experiencias educativas*, no. 25, 2011, pp. 115-132.
- [4] X. Ochoa, "Learning Object Repositories are useful, but are they usable". In IADIS AC, 2005, pp. 138-144.
- [5] X. Ochoa and E. Duval, "Quantitative analysis of learning object repositories," *Learning Technologies, IEEE Transactions*, sec. 2(3), pp. 226-238, 2009.
- [6] Centre for Educational Research and Innovation, "Giving knowledge for free: The emergence of open educational resources," *Organization for Economic Co-operation and Development*, 2007.
- [7] B. Collis and A. Strijker, "Technology and human issues in reusing learning objects," *Journal of interactive media in education*, art.4, 2004.
- [8] J. Pawlowski and V. Zimmermann, *Open content: a concept for the future of e-learning and knowledge management*. Proc. of Knowtech, Frankfurt, 2007.
- [9] L. Poulsen and T. Lund, "EdReNe – Educational Repositories Network," vol. 12, no. 1, pp 85-91, 2009.
- [10] S. Guth and E. Köppen, "Electronic Rights Enforcement for Learning Media," Proc. IEEE Int'l Conf. Advances Learning Technologies (ICALT '02), V. Petrushin, P. Kommers, Kinshuk, and I. Galeev, eds., pp. 496-501, Sept., 2002.
- [11] D. Gil, K. Rosero and C. Raza, "Una mirada hacia el Ecuador frente a las tecnologías de la información y la comunicación en el ámbito educativo. Educación y Futuro," *Revista de investigación aplicada y experiencias educativas*, 2011, pp. 115-132.
- [12] A. Fernández-Pampillón, E. Domínguez and I. de Armas, "Análisis de la Evolución de los Repositorios Institucionales de Material Educativo Digital de las Universidades Españolas," En *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa (RELATEC)*, vol.12, no. 2. Diciembre., 2013, pp. 11-26.
- [13] M. Prendes, "Plataformas de campus virtuales con herramientas de software libre. Análisis comparativo de la situación actual en las universidades españolas," pp.105, 2013.
- [14] R. Melero, E. Abadal, F. Abad García and J.M. Rodríguez Gairín, "Situación de los repositorios institucionales en España," *informe 2009*, Grupo de investigación Acceso Abierto a la Ciencia, 2009.
- [15] C. Robson, "Real World Research: A Resource for Social Scientists and Practitioner-researchers," 2nd ed. Blackwell Publishers Inc, 2002.
- [16] L.A. Suskie, "Questionnaire Survey Research: What Works. Resources for Institutional Research," *Education Resources Information Center (ERIC)*, no. 6, 1992.

Jorge Maldonado Mahauades Docente-Investigador a tiempo completo de la Universidad de Cuenca. Recibió su título de Maestría en Gestión de TIC's por la Universidad Ramón LLull – La Salle, Barcelona, España, su Maestría en Tecnología Informática Aplicada en Educación por la Universidad Nacional de la Plata, Argentina. Actualmente es estudiante de Doctorado. Sus líneas de investigación incluyen Objetos de Aprendizaje, MOOC's, Analíticas de aprendizaje.

Josefina Sigüencia Zambrano, es especialista en repositorios digitales de Consorcio Ecuatoriano para el Desarrollo de Internet Avanzado CEDIA. Sus líneas de investigación actuales repositorios temáticos, objetos de aprendizaje, tecnologías de web semántica.

- [17] Cuestionario sobre el uso de repositorios y entornos virtuales de las universidades ecuatorianas, 2014, disponible en: <http://goo.gl/forms/vRHmdxmdUa>
- [18] OpenDOAR. "Usage of Open Access Repository Software - Worldwide. OpenDOAR Chart - Usage of Open Access Repository Software -Worldwide," accedido en Junio., 2014, disponible en: <http://www.openoar.org/>
- [19] Sistema Nacional de Información de la Educación Superior, accedido en Junio., 2014, disponible en: <http://www.sniese.gob.ec/web/guest/acceso-a-las-tesisde-gradoOpenDoar>,
- [20] Consorcio de Bibliotecas Universitarias del Ecuador, accedido en Julio., 2014, disponible en: <http://www.bibliotecasdeecuador.com/cobuec/>.
- [21] J. Maldonado and G. Astudillo, "Estado del Arte de los Objetos de Aprendizaje en Iberoamérica", VI Conferencia Iberoamericana sobre Tecnologías y Aprendizaje, Miami, Estados Unidos, 2014, pp. 419-425.
- [22] J.L. Rodríguez, I. Ortiz and P.M. Ger, "Uso de estándares aplicados a TIC en educación," *Ministerio de Educación*, vol. 16, 2011.
- [23] J.C. Nesbit, K. Belfer and T. Leacock, "Learning Object Review Instrument (LORI) User Manual E-Learning Research and Assessment," 2003.
- [24] J. Vargo, J.C. Nesbit, K. Belfer and A. Archambault, "Learning Object Evaluation: Computer Mediated Collaboration and Inter-Rater Reliability," *International Journal of Computers and Application*, 2003, pp. 198-205.
- [25] E. Morales, T. García, H. Moreira, and A. Rego, "Units of learning quality evaluation," *Proceedings of the First Pluri-Disciplinary Symposium on Design, Evaluation and Description of Reusable Learning Contents* Guadalajara, Spain, October., 20-22, 2004.
- [26] M. Medina and M. López, LOCoME, "Metodología de Construcción de Objetos de Aprendizaje," *Actas SPDECE 2006. Universitat de Oviedo y REDAOPA*. ISBN: 978-84-611-5186-8.
- [27] A. Barajas, J. Muñoz and F. Álvarez, "Modelo Instruccional para el Diseño de Objetos de Aprendizaje: Modelo MIDOA," *Actas del VIII Encuentro Internacional Virtual Educa*, 2007, accedido en Noviembre., 2014, disponible en: <http://ihm.ccadet.unam.mx/virtualeduca2007/pdf/164-ABS.pdf>.
- [28] C. Castro, M. Serna and B. Taborda, "A proposed design of learning objects," In *Proceedings of the 6th Euro American Conference on Telematics and Information Systems*, ACM, May, 2012, pp. 181-187.
- [29] J. Maldonado, M. Mejía and L. Muñoz, "Propuesta metodológica para la creación de material educativo digital. Propuesta basada en Objetos de Aprendizaje", VI Conferencia Conjunta Iberoamericano sobre Tecnologías y Aprendizaje, Miami, Estados Unidos, 2014.
- [30] D. Parsons and H. Ryu, "A Design Requirement Framework for Mobile Learning Systems," *Journal of Computers*, 2007.
- [31] ISO/IEC 9126 Software Product Evaluation, *Quality Characteristics and Guidelines for the User*, October., 2004.
- [32] *Learning Management Systems in the Work Environment: Practical considerations for the selection and implementation of an e-Learning platform*, accedido en Noviembre., 2014, disponible en: http://www.elementk.com/c/document_library/get_file?uuid=c9ce5712-0896-49d2-8ff2-4225a95a2cc4&groupId=2814201.
- [33] B. Kitchenham and S.L. Pfleeger, "Personal Opinion Survey," Capítulo 3 del libro *Guide to advanced empirical software engineering*: Shull, F., Singer, J. Sjoberg, D.I.K. (eds), Springer, 2008.
- [34] A. Ma Fernández, E. Romero and I. De Armas, "Herramienta de Evaluación de la Calidad de Objetos de Aprendizaje (herramienta COdA)," *Universidad Complutense de Madrid*, Mayo., 2012, disponible en: http://eprints.ucm.es/12533/1/COdAv1_1_07jul2012.pdf
- [35] S. Maris, A. De Giusti and P. Pesado, "MPOBA: Un Modelo de Proceso para el desarrollo de Objetos de Aprendizaje," *CACIC 2011, XVII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación*, 2013.

Juan Pablo Carvallo es Director Ejecutivo de la Red Nacional de Educación e Investigación del Ecuador (CEDIA). Recibió su título de PhD en software por la Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España. Ha participado como Presidente General y Presidente del Comité de Programa en diversas conferencias internacionales. Ha sido revisor invitado de las revistas *IEEE Software*, *Software Process Improvement and Practice* y *Journal of Computer Science and Technology*, entre otros.

Asistente para Poblar Repositorios: Recopilación de Objetos Digitales y Extracción de Metadatos

Ana Casali, Claudia Deco y Santiago Beltramone

Title—An Assistant to populate Repositories: Gathering Digital Objects and Metadata Extraction.

Abstract—This paper presents an assistant to populate Institutional Repositories. This tool can detect all educational digital objects in text format that are already published on institutional websites and can be uploaded to a repository. This recopilation is a tedious task and is usually performed manually. In this paper we propose a system architecture for automating this task of collecting text documents within a restricted domain in order to detect plausible documents that can be loaded into a repository. Also, its metadata such as language, category, title, authors and their contact data are automatically extracted. A prototype of this system was developed and case studies in two different domains are analyzed.

Index Terms— Information Gathering, Educational Digital Objects, Repositories, Metadata Extraction.

I. INTRODUCTION

EL desarrollo de Repositorios Institucionales de Acceso Abierto en las universidades públicas de Argentina es una prioridad en el marco de las políticas del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. Por lo tanto, en los últimos años se ha trabajado en proyectos para diseñar y transferir un modelo teórico, metodológico y tecnológico de carácter experimental para repositorios de Objetos Digitales Educativos (ODE) [1]. Se considera que un Objeto Digital Educativo es cualquier material en formato digital que pueda usarse como recurso educativo. Por ejemplo, una publicación científica, un material educativo utilizado en una clase o una obra de arte, entre otros recursos. A partir de la creación de los Repositorios Institucionales surge la posibilidad de poblarlos con ODEs que representen la producción científico y académica de la universidad. Además de políticas y estrategias de difusión adecuadas, es de interés desarrollar herramientas informáticas para

detectar todos los documentos que ya están publicados en los distintos dominios web de una Institución y que puedan ser cargados al repositorio. Para esto, resulta de suma importancia tener información del documento, como ser los datos de contacto del autor, puesto que es mandatorio que el autor autorice la publicación de su documento otorgando la licencia correspondiente. Actualmente, esta tarea de recopilación es tediosa y es realizada manualmente por personal de ciencias de la información encargado del repositorio.

Respecto a sistemas de recopilación automática de información, se han desarrollado distintas propuestas. AGATHE [2] es un sistema multiagente para la recopilación de información sobre dominios predeterminados. Al restringir la recopilación en la web a un dominio específico, los autores utilizan una ontología para considerar la información de contexto, permitiendo tratar las páginas web que pertenecen a dicho dominio de una forma más inteligente, lo cual implica una mejora en la precisión de extracción de información. Para este propósito, se utilizan métodos de aprendizaje automático con enfoques adaptativos. Los autores aplican este sistema a la recopilación de Call for Papers. CROSSMARC [3] es un proyecto europeo de sistema multidominio basado en agentes multilingües para la extracción de información en páginas web. Utiliza un enfoque basado en el conocimiento combinado con técnicas de aprendizaje automático con el fin de diseñar un sistema robusto para la extracción de información de los sitios web de interés. CiteSeerX [4] es una biblioteca digital de literatura científica y un motor de búsqueda que rastrea e indexa automáticamente documentos científicos de ciencias de la computación. Su arquitectura está basada en servicios web modulares y con componentes conectables. Los sistemas antes mencionados son excelentes referencias de arquitecturas para sistemas de recopilación de información y fueron considerados en el desarrollo de esta propuesta. Sin embargo, en todos estos trabajos se consideran documentos que tienen cierto tipo de estructura como son los llamados a congresos o los documentos científicos. Además, AGATHE y CiteSeerX consideran sólo documentos en inglés, mientras que es de nuestro interés recopilar documentos que también puedan estar en español. Por otra parte, en todos los casos analizados previamente, se extrae sólo información que está contenida en el documento y no se explora información que pueda estar en páginas web enlazadas.

Ana Casali es profesora de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la Universidad Nacional de Rosario e Investigadora del CIFASIS, Av. Pellegrini 250, 2000 Rosario, Argentina, Teléfono +543414802649 ext 141 (e-mail: acasali@fceia.unr.edu.ar).

Claudia Deco es profesora de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la Universidad Nacional de Rosario y profesora e investigadora de la Universidad Católica Argentina Sede Rosario. (e-mail: deco@fceia.unr.edu.ar).

Santiago Beltramone es profesor asistente de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la Universidad Nacional de Rosario. (e-mail: santiagobeltramone@gmail.com).

En este trabajo se propone una arquitectura de sistema para la recopilación de documentos de texto en español o inglés, para asistir al encargado de repositorios institucionales en la tarea de recopilación de ODEs dentro de un sitio web restringido. De este modo, se pueden detectar documentos plausibles de ser cargados en un repositorio, junto a la automatización de extracción de sus metadatos como: título, categoría (dentro de un conjunto preexistente), autores, idioma, palabras claves y los correspondientes datos de contacto, para poder invitarlo a que publique su documento en el repositorio. Los datos de contacto que se buscan son el email y la filiación de los autores del documento a cargar. Un problema que se presenta en esta extracción es que muchas veces, los datos requeridos (autor, email y filiación) no se encuentran en el documento pero estos datos pueden encontrarse en diferentes páginas del mismo sitio web. La arquitectura propuesta, se encarga de explotar esta característica para mejorar la automatización de esta extracción. Por lo tanto, en este sistema algunos metadatos a extraer se buscan en el texto del documento y si no se encuentran, también se buscan en las páginas web vecinas a la que referencia el documento dentro de la estructura del sitio que está siendo examinado. El sistema recibe como entrada una lista de URLs de sitios web donde se desea realizar la búsqueda. La salida del sistema muestra los documentos encontrados junto con la información extraída en una base de datos. Este trabajo se estructura de la siguiente forma. La Sección 2 presenta conceptos preliminares y se analizan algunas herramientas. La Sección 3 describe la arquitectura del sistema con sus principales componentes. En la Sección 4 se presentan casos de estudio para evaluar la arquitectura propuesta, comparar extractores y tomar decisiones de diseño. Finalmente se presentan algunas conclusiones.

II. CONCEPTOS PRELIMINARES

A. Web Crawling

Un Web Crawler es un programa que inspecciona páginas web de forma metódica y automatizada [5]. Uno de sus usos más frecuentes consiste en crear una copia de todas las páginas visitadas para su procesamiento posterior por un motor de búsqueda que indexa estas páginas proporcionando un sistema de búsqueda rápido. Los web crawlers comienzan visitando una lista de URLs, identifican los enlaces en dichas páginas y los añaden a la lista de URLs a visitar de manera recurrente de acuerdo a determinado conjunto de reglas. El procesamiento usual de un crawler, es a partir de un grupo de direcciones URLs iniciales llamadas semillas, cuyos recursos enlazados son descargados y analizados en busca de enlaces a nuevos recursos, por lo general páginas HTML, repitiendo este proceso hasta que las condiciones finales sean alcanzadas. Estas condiciones varían de acuerdo a la política de crawling deseada. El comportamiento de un Web Crawler resulta de la combinación de diferentes políticas de selección, de revisita, de diplomacia y de paralelización. Este trabajo se enfoca en Web Crawlers Académicos Focalizados. El objetivo de este tipo de crawler es recopilar artículos académicos de acceso libre. Ejemplo de estos crawlers son CiteSeerX (citeseerx.ist.psu.edu/), Google Scholar (scholar.google.es/) y Microsoft Academic

Search (academic.research.microsoft.com/). Básicamente, al trabajo del crawler focalizado se agrega la tarea de selección de formatos específicos de texto, como pueden ser PDF, PS o DOC. Además, utilizan técnicas de detección de artículos académicos en post-procesamiento, donde pueden emplearse algoritmos de aprendizaje automatizado, expresiones regulares y reglas ad-hoc entre otros. Los documentos académicos son obtenidos de sitios web de instituciones de educación y de investigación. La selección de semillas juega un papel preponderante en los resultados. Sin embargo, los artículos completos que pueden encontrarse son una proporción minoritaria del total, ya que a menudo se encuentran con derechos restringidos por ser comercializados. El crawler utilizado en el prototipo del presente trabajo pertenece a esta categoría, donde además se aplican restricciones de dominio en las URL semillas, puesto que los ODEs de interés son los pertenecientes a autores vinculados a la educación universitaria nacional. Entre los crawlers de acceso abierto, en este trabajo se decidió utilizar Crawler4j (code.google.com/p/crawler4j/) por ser liviano, escalable, rápido, por estar desarrollado en Java y por la facilidad de configuración en cuanto a puesta en marcha y selección de políticas de crawling.

Una de las alternativas evaluadas y descartadas en el presente trabajo fue la utilización de consultas a motores de búsqueda externos, como Google, Yahoo, etc. Estos motores ya cuentan con crawlers funcionando permanentemente y con una amplia gama de consultas en diferentes tipos de archivos (PDFs, PostScript, etc.). Las ventajas de consultas a los mismos radican naturalmente en el ahorro del procesamiento que esta tarea pueda insumir. Si bien algunos sistemas de recopilación de información utilizan este enfoque (por ej. Agathe) en este trabajo no pudo ser aplicado, ya que es fundamental contar con la estructura del sitio web que contiene a un ODE de interés. Esto se debe a que a veces no se puede encontrar los datos de contacto de autores dentro del documento los cuales pueden encontrarse en páginas cercanas.

B. Extracción, Recuperación y Recopilación de Información

El objetivo principal de los sistemas de Extracción de Información es localizar información a partir de documentos de texto en lenguaje natural, produciendo como salida del sistema un formato tabular estructurado de datos sin ambigüedad, que pueden ser resumidos y presentados de manera uniforme [6]. Para distintas aplicaciones web es importante esta extracción. La web puede verse como una gran colección de documentos escritos en lenguaje natural y distribuida en diferentes servidores y archivos de variados formatos. Por lo cual, resulta ser una gran fuente para descubrir conocimiento.

Un sistema de Recuperación de Información recupera los documentos relevantes dentro de una colección más grande, mientras que un sistema de Extracción de Información extrae información relevante dentro de uno o más documentos. Por lo tanto, ambas son complementarias y utilizadas en combinación pueden resultar poderosas para el procesamiento de texto.

Ambas áreas utilizan distintas técnicas de cómputo. Estas diferencias se deben a los objetivos inherentes de las mismas

y también, a la historia de cada una de ellas. Gran parte del trabajo que ha emergido en la Extracción de Información proviene de sistemas basados en reglas, lingüística computacional y procesamiento de lenguaje natural, mientras que en el campo de la Recuperación de Información han influido áreas como la teoría de la información, probabilidad y estadística.

Por el gran crecimiento de la web y la heterogeneidad de sus páginas, la tarea de recopilar información es cada vez más compleja. Un sistema de Recopilación de Información se encarga de realizar la recuperación y la extracción de información sobre colecciones bien definidas. Para recuperar información relevante, la recopilación debe estar restringida a dominios específicos es decir, el contexto en el cual la información es recopilada, debe ser considerado.

Las métricas más utilizadas para evaluar la recuperación de información son la Precisión y Cobertura (Recall). La Precisión es la proporción de cantidad de respuestas correctas respecto de la cantidad de respuestas obtenidas. La Cobertura mide la cantidad de respuestas correctas obtenidas sobre el total de posibles respuestas correctas. Ambas métricas toman valores dentro del intervalo [0,1] y su óptimo es 1. Estas mismas métricas con las adaptaciones necesarias son las utilizadas en extracción de información. Así es que Precisión (P) y Cobertura (C) son definidas como:

$$P = \frac{\text{\#Respuestas Correctas}}{\text{\#Respuestas Producidas}}$$

$$C = \frac{\text{\#Respuestas Correctas}}{\text{\#Total Posible Respuestas Correctas}}$$

Para evaluar el desempeño de un sistema de Extracción de Información las dos métricas necesitan ser consideradas.

C. Herramientas para la Extracción de Información sobre Documentos de Texto

Algunos trabajos sobre extracción automática de metadatos en documentos de texto pueden verse en [7, 8]. Cada herramienta extrae distintos tipos de metadatos, tiene sus propios objetivos, arquitectura y usa distintas técnicas. En [9] se analizan herramientas extractoras de metadatos tales como título, autores, palabras claves, resumen e idioma. En particular, en dicho artículo se analizaron las herramientas: KEA, MrDLib, Alchemy y ParsCit. Luego de realizar distintas experimentaciones con las herramientas mencionadas sobre un corpus de 760 documentos de un repositorio universitario se analizaron los resultados obtenidos respecto a los distintos metadatos que pueden ser extraídos por cada uno ellos: Mr. DLib para título y autores, KEA para palabras claves y Alchemy para Título, Palabras Claves e Idioma. Se observó que los resultados encontrados con KEA y Alchemy respecto a palabras claves son similares en precisión y que los resultados obtenidos con Mr. DLib y Alchemy para título y autores, también lo son. Además, se contrastaron los resultados de Alchemy con su combinación con ParsCit para el preprocesamiento de documentos obteniendo con la combinación Alchemy+ParsCit los mejores resultados. ParsCit permite dar estructura al documento y genera un documento XML en el cual intenta identificar Título, Autor, Resumen y Palabras Clave. Esta información se concatena en un nuevo archivo, el cual se utiliza para subir al servidor de AlchemyAPI en lugar del archivo original. A partir de los

resultados obtenidos en dicho trabajo, se decidió en esta propuesta utilizar Alchemy+ParsCit para la extracción de información y Apache PDFBox para la conversión a texto plano de archivos en formato PDF. A continuación se describen brevemente las herramientas utilizadas:

AlchemyAPI es una plataforma de minería de texto la cual proporciona un conjunto de herramientas que permiten el análisis semántico utilizando técnicas de procesamiento de lenguaje natural. Provee un conjunto de servicios que permiten analizar de forma automática documentos de texto plano o HTML. La herramienta expone varios servicios a partir de su RESTful API entre los que se encuentran: Extracción de Autor, Entidades, Palabras Claves, Categorización del Contenido e Identificación del Idioma. En su versión gratuita, el servicio presenta una limitación de 1000 consultas diarias y un límite por consulta de 150 kbs.

ParsCit es una aplicación de código abierto que realiza dos tareas: el análisis sintáctico de cadenas de referencia, también llamado extracción de citas y el análisis de la estructura lógica de documentos científicos. Estas tareas las realiza a partir de un archivo de texto plano utilizando procedimientos de aprendizaje automático supervisado que usan campos aleatorios condicionales como mecanismo de aprendizaje. Incluye utilidades para ejecutarse como un servicio web o como una aplicación independiente.

Apache PDFBox es una herramienta Java de código abierto para trabajar con documentos PDF. Permite la creación de nuevos documentos PDF, la manipulación de documentos existentes y la capacidad de extraer el contenido de los documentos. Esta herramienta extrae texto de este tipo de archivos. Además, realiza una búsqueda de metadatos (autor, título, organización, palabras claves, etc.) que pueden estar embebidos en el archivo binario, cargados en el momento de la construcción del PDF.

Técnicas de matching de nombres propios: las variaciones de idioma, de formato, problemas de codificación de caracteres y diferencias entre características de nombres retornan muy dificultosa la coincidencia exacta. Un problema muy frecuente es que diferentes extractores de entidades para el mismo documento de texto pueden extraer diferentes cadenas de texto para una misma entidad. Por ejemplo, las cadenas "Dra. Gloria Pérez", "G. Pérez" y "Pérez G." representan a la misma persona en formatos diferentes. Diversas técnicas de correspondencia aproximadas basadas en la codificación fonética o coincidencia de patrones han sido propuestas en [10]. La distancia Levenshtein [11] entre dos cadenas de texto es definida como la mínima cantidad de operaciones de edición (inserción, borrado o sustitución) para convertir una cadena en la otra. La distancia Damerau-Levenshtein es una variación de la de Levenshtein tomando en consideración la transposición de un carácter como otra operación básica de costo 1. El algoritmo de Smith-Waterman [12] es una reconocida estrategia originalmente propuesta para realizar alineamiento local óptimo de secuencias biológicas, determinando regiones similares entre dos secuencias. Está basado en un enfoque similar a la distancia de edición, con el agregado de permitir saltos o espacios de no coincidencia entre las cadenas. En este trabajo, la medida de similitud del algoritmo Smith-Waterman con alineamientos óptimos locales fue utilizada para la búsqueda de entidades (de tipo

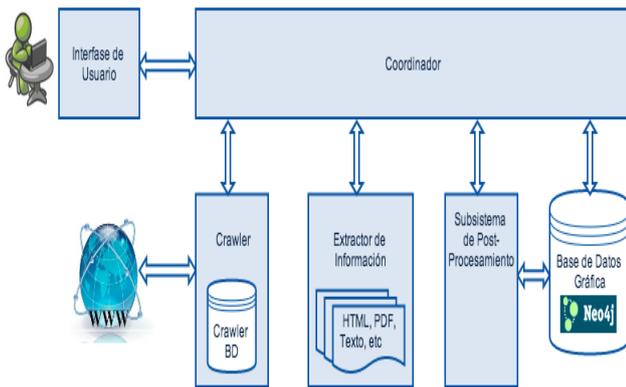


Figura 1. Arquitectura Propuesta

autor y filiación) en fragmentos de texto y para la deduplicación de entidades de tipo autor. La medida de similitud del algoritmo Damerau-Levenshtein se utilizó en la deduplicación de entidades de tipo filiación ya que al tratarse de cadenas de mayor longitud y no buscar una alineación parcial mostraban mejores resultados que las del algoritmo Smith-Waterman.

D. Base de Datos Orientadas a Grafos

Las Bases de Datos Orientadas a Grafos (BDOG) representan la información en un grafo, formados por nodos de información (entidades) y aristas representando relaciones entre ellos, de manera que se pueda usar teoría de grafos para recorrerla [13]. Cada nodo contiene un puntero directo a sus elementos adyacentes y por lo tanto es necesario realizar operaciones de búsqueda mediante índices. Estas bases de datos son una herramienta poderosa para consultas vinculadas a grafos como por ejemplo, computar el camino más corto entre dos nodos. Esta es la razón por la cuál se optó por una base de datos de este tipo en el presente trabajo, puesto que la estructura de los sitios web a crawlear puede ser fácilmente representada por un grafo a recorrer. Para estos dominios las BDOG son una opción interesante porque son más eficientes para la inserción, almacenamiento y consulta en estos grafos con respecto a otros modelos como por ejemplo, tripletas RDF. En el presente trabajo se utilizó Neo4j (www.neo4j.org/) que es una herramienta de software libre de BDOG, implementado en Java. Neo4j es un motor de persistencia embebido, completamente transaccional y que almacena datos estructurados en grafos. Este motor cuenta con algoritmos usuales de recorrido de grafos lo cuál ahorra tiempo de programación y está optimizado para la gestión de este tipo de datos y una de sus ventajas es su capacidad de gestionar grandes cantidades de datos de forma eficiente.

III. ARQUITECTURA DEL SISTEMA

Se propone la arquitectura de un sistema de recopilación de información en dominios web restringidos para la población de repositorios institucionales con ODEs. Dada las características del dominio, las principales necesidades funcionales en la automatización de la búsqueda y la clasificación de documentos relevantes para publicar en un repositorio son las siguientes:

- Recolectar los objetos digitales de una lista de dominios web configurable, para lo cual se planifica establecer

los dominios pertenecientes a universidades públicas nacionales.

- Extraer información de autoría, afiliación y contacto (nombre del autor, universidad, institución, email).
- Clasificar los documentos dentro de categorías a definir, como por ejemplo: publicación, material de clase, etc.
- Por cada objeto relevante encontrado, almacenar el documento en una base de datos junto con la información obtenida para su posterior visualización.

La arquitectura propuesta considera dos condiciones presentes en la problemática de recopilación de ODEs:

1. Relevancia de Documentos: se consideran relevantes todos los documentos en formato PDF hallados desde las URLs semillas. Este formato fue elegido ya que la mayoría de los documentos disponibles actualmente en los sitios institucionales de interés (por ejemplo, sitios web de departamentos, asignaturas o páginas de docentes-investigadores) están en este formato. Otros formatos de documentos podrían recopilarse, estableciéndolos en el Crawler y reemplazando en el módulo extractor PDFBox por otra herramienta que extraiga texto de los formatos elegidos (por ejemplo, Apache Tika <http://tika.apache.org/1.4/formats.html>).
2. Información distribuida en diferentes páginas de un mismo sitio web: se parte de la observación empírica de que la información sobre un autor (nombre, afiliación, email) muchas veces no se encuentra en el mismo documento ni en la página web que referencia a ese documento, pero sí puede encontrarse en otra página del mismo sitio. Esto es muy común en páginas educativas de materias donde el material de clase se encuentra en una pestaña, mientras que la información de contacto de los docentes de la cátedra se encuentra en otra. Como así también, en los sitios web de investigadores, la pestaña de sus publicaciones donde se encuentra la mayoría de los enlaces a documentos relevantes, puede no contener la información de contacto, que generalmente se halla en la pestaña raíz de su sitio web.

Esta propuesta se diferencia de otros sistemas recopiladores por trabajar con documentos en español y por la incorporación de la representación de la estructura de los sitios web correspondientes a las URLs semillas en una base de datos orientada a grafos, lo que permite extraer información no sólo de la página de interés sino también de las páginas relacionadas.

Para lograr las funcionalidades requeridas se diseñó un sistema modular con una arquitectura centralizada, donde el flujo de tareas e intercambio de información lo maneja un componente coordinador. La arquitectura propuesta se muestra en la Figura 1 y los principales componentes se describen a continuación.

Interfase de Usuario: es el medio con que el usuario (administrador de contenidos de un repositorio) inicia y configura las tareas de recopilación de información y puede visualizar los datos resultantes.

Coordinador: es el encargado de coordinación y comunicación. Su propósito es mantener de manera aislada y modularizable el resto de los componentes, de forma que puedan ser modificados, por extensión o compresión, con

facilidad. Se encarga de gestionar los procesos de inicialización del crawler, persistencia en base de datos, post-procesamiento al finalizar el crawling y visualización de datos por parte del operador.

Crawler: es el módulo responsable de realizar las tareas específicas de web crawling. A medida que recupera los recursos apuntados por las URLs, los cuales pueden estar en diferentes formatos (HTML, PDF, CSS, etc.) y en base a la política de crawling seleccionada, notifica al coordinador sobre el recurso hallado. Este módulo coordinador se encarga de solicitar la extracción de información de dicho recurso y luego redirigirlo, junto con la información extraída, a la base de datos para su persistencia.

Extractor de Información: este componente es el encargado de realizar la extracción de información de los diferentes recursos recuperados por el crawler. Se compone de varios módulos especializados en diferentes tipos de archivos. Dependiendo del dominio de aplicación del sistema, podría ser necesario implementar este componente con submódulos que se especialicen según el tópico de información a extraer o el tipo de archivo. Existen sistemas de recopilación de información que operan sobre un mismo tipo de archivo, por ejemplo páginas HTML, y la información a extraer varía en base a diferentes tópicos de interés. Para dominios con diversos tipos de documentos y que se presentan en diferentes formatos, resulta beneficioso utilizar una arquitectura que cuente con un componente que determine los metadatos de interés para que luego delegue a diferentes módulos especializados en la extracción de información de cada metadato en particular.

En el presente trabajo, se plantea un enfoque distinto para cada tipo de archivo, puesto que diferentes archivos se procesan con diferentes herramientas. PDFBox realiza la extracción de texto de un archivo PDF. Además, esta herramienta realiza una búsqueda de metadatos (autor, título, palabras claves, etc.) que pueden estar embebidos en el archivo binario y fueron cargados por el autor en el momento de la construcción del PDF. ParsCit realiza el análisis de la estructura de documentos científicos y con ella logra reconocer diferentes secciones de un ODE: título, autores, emails, filiaciones, resumen y citas, entre otras. AlchemyAPI se utiliza para la extracción de palabras claves y reconocimiento de entidades a través de servicios web, los cuáles reciben como entrada HTML y retornan su salida en formato XML o JSON. Específicamente las entidades por las que se consulta son de tipo organización y persona, como potenciales valores de filiación y autor respectivamente.

Base de Datos Orientada a Grafos: se encarga de persistir la estructura de cada uno de los sitios web crawleados. Se genera en la base de datos, una estructura de grafo donde los nodos corresponden a las URLs recuperadas por el crawler y las hojas son o bien URLs que no tienen otras URLs salientes, o bien recursos de cierto tipo de formato que son el objetivo del sistema. En la Figura 2 se muestra la base de datos resultante del crawling de un sitio de un docente-investigador y se puede apreciar la estructura del mismo. Los nodos claros corresponden a páginas HTML, mientras que los oscuros corresponden a archivos en formato PDF. Para cada nodo, almacena la información extraída por el Extractor y por el Crawler (URL padre, URL hijas, dominio, tamaño). Además provee a la componente de

Post-Procesamiento, las facilidades de recorridos entre los nodos del árbol.

Post-Procesador: una vez terminado el proceso de crawling, el coordinador es notificado e inicia el post-procesamiento. En el mismo, se recorren las hojas recuperadas y a partir de cada una de ellas se realizan recorridos ascendentes en la jerarquía de la estructura del sitio web que quedó persistida en la Base de Datos. Los recorridos comienzan en una hoja y ascienden hasta una distancia determinada según la configuración del sistema. El objetivo del recorrido es encontrar y vincular información extra que no pudo ser hallada en la hoja y que se espera encontrar en un nodo no tan lejano. En el prototipo propuesto, se busca un email de contacto, posibles datos de autores y filiación. Se implementaron dos tipos de Post-Procesamientos: EI 2 y EI 3.

En EI 2 se recorren las *páginas web* ascendiendo en la jerarquía de enlaces en búsqueda de entidades de tipo autor o filiación (encontradas por AlchemyAPI). Todas las encontradas son luego filtradas, quedando sólo aquellas que aparecen en los primeros caracteres del documento. El objetivo de este extractor es encontrar entidades dentro del documento que pudieron no ser reconocidas por los extractores que operan sólo con el texto del mismo.

En EI 3 se busca en *documentos* encontrados en páginas web relacionadas a ese nodo, la existencia de entidades de tipo autor o filiación, las cuales son posteriormente filtradas en los primeros caracteres del documento analizado. Debido a las diferentes estructuras de los documentos, una entidad presente en más de un documento sólo logra ser reconocida por los extractores en algunos de ellos. Luego, al tratarse de documentos los cuales pueden compartir autores (por ejemplo, material de clase o publicaciones) es probable que una misma entidad de tipo autor o filiación esté presente en más de un ODE.

En ambos extractores la búsqueda de entidades se realiza con las técnicas de matching aproximado explicadas anteriormente. Al finalizar el post-procesamiento de un objeto, se calcula la unión de todos los valores obtenidos a

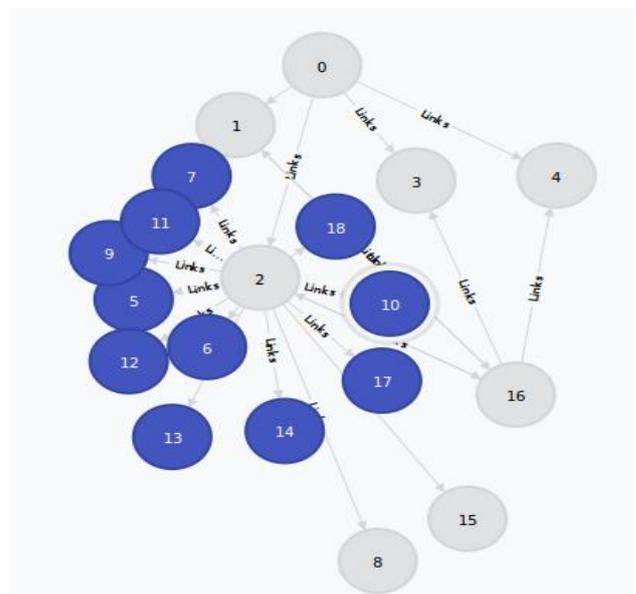


Figura 2. Base de datos resultante del crawling del sitio de un docente-investigador

partir de los diferentes extractores, filtrando duplicados nuevamente con estos algoritmos.

Se desarrolló un primer prototipo del sistema recopilador propuesto. Su objetivo es obtener una base de datos con los metadatos de interés de los documentos recopilados para que el administrador del repositorio decida cuáles son ODEs de autoría de docentes de la institución, para convocarlos a que realicen su depósito en el repositorio. Si bien pueden recopilarse casos negativos como un currículum (que no es considerado ODE) o un artículo científico de autoría externa que se utilice como material de cátedra (un ODE que no puede subirse al repositorio local), estos casos pueden ser fácilmente detectados por el administrador, a partir de la información extraída.

El prototipo fue implementado en Java utilizando la implementación en el mismo lenguaje del web crawler Crawler4j y el motor de base de datos orientada a grafos Neo4j como base de datos embebida del sistema. También se utiliza el cliente web de la base de datos gráfica para la visualización de datos. Los wrappers de las herramientas de extracción de información: Apache PDFBox, Alchemy API y ParsCit también fueron implementados en Java.

IV. CASOS DE ESTUDIO

Durante el desarrollo y puesta a punto, el prototipo se probó en diferentes sitios web correspondientes a páginas de la Universidad Nacional de Rosario (UNR), Argentina. En particular, se eligieron como casos de estudio dos sitios representativos, uno de un docente-investigador y otro correspondiente a una asignatura de la Licenciatura en Ciencias de la Computación. Consideramos que si bien estos sitios son más acotados que el de un Departamento de la Universidad, son lo suficientemente generales ya que en su mayoría contienen páginas de estos tipos y la evaluación de los resultados de la extracción es más sencilla de analizar.

El objetivo de los casos de estudio fue analizar la viabilidad de la arquitectura propuesta y evaluar los resultados obtenidos mediante distintos extractores con el fin de diseñar el módulo extractor con la combinación que brinde los mejores resultados. El análisis se focalizó en la recuperación de: título, autor/es, filiación/es, idioma, e-mail de contacto y etiquetado del documento.

A partir de la URL inicial, se recuperaron la totalidad de los archivos PDF mediante el Crawler y se generó la Base de Datos que permite persistir la estructura del sitio analizado. Luego, utilizando PDFBox se obtuvieron estos archivos en formato de texto. Con el fin de analizar cuál es la mejor combinación de extractores, se han realizado distintas pruebas, de las cuales algunas se detallan a continuación. En una primera etapa se ejecutó la extracción de Idioma, Título, Autores y Filiaciones utilizando ParsCit. Luego se refinó la extracción de Autores y Filiaciones con los extractores EI 2 y EI 3, y finalmente se consideró la unión de los resultados de los distintos extractores.

Para evaluar el desempeño del sistema se analizaron los resultados de la ejecución en los dos sitios planteados, en donde se calculan la Precisión P y Cobertura C de los resultados obtenidos con los extractores aplicados. En ambas métricas, se aplicaron convenciones para casos bordes. Si el extractor no produce respuestas (denominador nulo en P) representamos este caso con valor P=NA (no

aplica), puesto que no podemos medir precisión en este caso. Si no existen respuestas correctas (denominador nulo en C) y el extractor devuelve algún resultado incorrecto tomamos P=0 y C=0. Si el extractor no devuelve ningún resultado y se desea resaltar la ausencia de respuestas correctas, se representa con valor C=V (Vacío). De esta forma, se puede diferenciar globalmente la efectividad de un extractor en los resultados producidos midiendo la cobertura sobre el total de datos a extraer y penalizando con la precisión la generación de datos espurios.

Caso de Prueba 1: se analiza la página de un docente-investigador de la UNR. En este sitio, el sistema recuperó todos los documentos en formato PDF que se hallaban en el mismo, sin traer documentos no deseados de otros sitios. A continuación se muestra el análisis de los resultados obtenidos para los 10 primeros documentos recopilados.

La detección del idioma por el extractor Alchemy fue correcta en todos los documentos procesados, razón por la cual no se incluyen las medidas detalladas de P y C para esta variable (1 en ambas medidas). Respecto a la clasificación de la Categoría (Publicación, Tesis, Material de Clase, etc.) en el 90 % de los casos, los documentos fueron etiquetados correctamente con buena Precisión y Cobertura máxima.

En la Tabla I, se detallan las medidas P y C para los campos Título, Autores y Filiaciones extraídos con ParsCit.

Para Autores se tiene un promedio de 90% en P y un 70% en C. Respecto de la Filiaciones, se tiene un 85% en P, con un 73% en C. En el caso del Título la extracción es óptima, 100% en ambas medidas. En la Tabla II, se muestran las

TABLA I
PRECISIÓN Y COBERTURA USANDO PARSCIT

Doc	Título		Autores		Filiaciones	
	P	C	P	C	P	C
1	1.00	1.00	1.00	0.33	1.00	1.00
2	1.00	1.00	1.00	0.33	0.50	0.33
3	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
4	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.50
5	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
6	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.50
8	1.00	1.00	1.00	0.33	1.00	1.00
9	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
10	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Prom	1.00	1.00	0.90	0.70	0.85	0.73

TABLA II
PRECISIÓN Y COBERTURA USANDO EI 2 Y EI 3

	EI 2				EI 3			
	Autores		Filiaciones		Autores		Filiaciones	
	P	C	P	C	P	C	P	C
1	1.00	0.66	NA	0.00	1.00	0.66	1.00	1.00
2	1.00	0.66	1.00	0.50	1.00	0.66	1.00	0.50
3	1.00	0.50	1.00	0.33	1.00	1.00	1.00	0.33
4	1.00	0.40	1.00	0.50	1.00	0.20	1.00	0.50
5	1.00	0.66	1.00	0.50	1.00	0.33	1.00	1.00
6	0.83	0.83	1.00	0.50	1.00	0.16	1.00	0.33
7	1.00	0.66	1.00	0.50	1.00	0.33	1.00	0.33
8	1.00	0.66	NA	0.00	1.00	0.66	1.00	0.33
9	1.00	0.66	NA	0.00	1.00	0.66	1.00	1.00
10	1.00	0.66	NA	0.00	1.00	0.66	1.00	1.00
	0.98	0.64	1.00	0.28	1.00	0.54	1.00	0.63

medidas P y C para los campos Autores y Filiaciones extraídos utilizando EI 2 y EI 3. Acá se observan excelentes medidas de precisión, aunque valores moderados en la cobertura. La intersección entre resultados de los extractores ParsCit, EI 2 y EI 3 es no vacía en la mayoría de los casos. Con EI 2 se logran precisiones de 98% y 100 %, con coberturas de 64% y 28% para autores y filiaciones respectivamente. Con EI 3 se tienen precisiones del 100 % en ambas entidades con coberturas de 53% y 63%.

Observando la Tabla III, donde se detallan los resultados de P y C para la unión de extractores ParsCit, EI 2 y EI 3, se puede observar que la cobertura para los campos autor y filiación mejora con respecto a las del mejor extractor por sí solo, sin perder precisión. Esto es, con precisiones casi óptimas (del 98% y 95%) la cobertura aumentó en un 25% en el caso de autores y un 22% para las filiaciones recuperadas. Esto nos indica que la incorporación de datos que se encuentran en el sitio web donde fueron recuperados los documentos, logra mejorar la cobertura sobre la extracción de los mismos sin perder precisión.

Para la extracción de los emails se realizan tres procesamientos distintos: *MailList* que recupera mails en la primer hoja del documento aplicando expresiones regulares, *ParsCitMailList* que recupera mails encontrados por ParsCit y *RelMailList* que extrae mails en nodos relacionados. Luego *UnionMailList* realiza la unión de las listas anteriores, eliminando duplicados. En la Tabla IV, se muestran los resultados de la extracción de mails. Observando los valores numéricos de las columnas de C para MailList y ParsCitMailList se tiene que la mitad de los

ODEs poseen al menos un mail de contacto. Al igual que en el caso de los campos Autores y Filiación, al calcular la unión de los resultados se logra mejorar precisión y cobertura, llegando al óptimo en P. Si bien la cobertura no es óptima, se logra recopilar el mail del 60% de los autores, destacando que de cada uno de los documentos se ha recuperado al menos un mail de contacto.

Caso de Prueba 2: se analiza el sitio web una materia de la Licenciatura en Ciencias de la Computación, UNR. En este sitio, el sistema recuperó todos los documentos en formato PDF que se hallaban en el mismo. A continuación se presenta una comparación con los resultados obtenidos respecto al Caso 1 aplicando los mismos extractores.

El desempeño del extractor ParsCit resulta significativamente mejor (del orden del 30 % en P y C) en los campos Título y Autores del sitio del Caso 1 con respecto al sitio del Caso 2. Esto puede adjudicarse a dos razones: la primera es que en el Caso 2 hay una mayor variedad de tipos de documentos (presentaciones de clase, apuntes, artículos, etc.) con lo cual los documentos están menos estructurados. La segunda, es que la mayoría de los documentos están en español, donde la eficacia de los extractores utilizados puede ser menor. La cobertura del extractor EI 2 es mayor en el Caso 2 que en el Caso 1, en un 24 % para el campo Autores y en un 22 % para el campo Filiaciones. Esto nos indica que en el sitio web del Caso 2 un mayor número de entidades son reconocidas en enlaces relacionados que luego son encontradas en el texto de algún ODE. En ambos casos, teniendo en cuenta la extracción en los campos Autores, Filiación y Mail con la unión de extractores, se tiene que para estos tres campos se logra mejorar notablemente la cobertura respecto a la de los extractores que sólo tienen en cuenta el texto del documento (ParsCit, PDFBox, expresiones regulares en texto) sin perder precisión. Esto se logra mediante el procesamiento de las páginas web vecinas dentro del sitio web donde se encontró el objeto.

En la Tabla V se muestran los resultados de los promedios de P y C considerando todos los documentos de ambos casos de estudio para el mejor extractor resultante en cada campo. Se puede observar que en todos los casos se han obtenido muy buenos resultados tanto en Cobertura como en Precisión.

Algunos de los documentos recopilados en ambos casos de estudio pueden considerarse negativos, ya que no pueden ser cargados en el repositorio. Este es el caso de artículos de autores externos a la institución que se utilizan como material de clase (recuperados en el Caso 2), o el currículum de los docentes cuyo sitio se analiza (recuperados en el Caso 1 y 2). Por ahora este filtrado se realiza manualmente, pero este sistema facilita al administrador la selección de los

TABLA III
PRECISIÓN Y COBERTURA PARA UNIÓN DE EXTRACTORES
PARSCIT, EI 2 Y EI 3

Doc	Autores		Filiaciones	
	P	C	P	C
1	1.00	1.00	1.00	1.00
2	1.00	1.00	1.00	1.00
3	1.00	1.00	1.00	1.00
4	1.00	1.00	1.00	1.00
5	1.00	1.00	1.00	1.00
6	0.83	0.83	0.50	0.50
7	1.00	1.00	1.00	1.00
8	1.00	0.67	1.00	1.00
9	1.00	1.00	1.00	1.00
10	1.00	1.00	1.00	1.00
Prom	0.98	0.95	0.95	0.95

TABLA IV
PRECISIÓN Y COBERTURA PARA EXTRACCIÓN DE MAILS

	MailList		ParsCitMailList		RelMailList		UnionMailList	
	P	C	P	C	P	C	P	C
1	NA	V	NA	V	1.00	0.33	1.00	0.33
2	NA	V	NA	V	1.00	0.33	1.00	0.33
3	1.00	0.67	1.00	1.00	1.00	0.33	1.00	1.00
4	1.00	0.50	1.00	1.00	1.00	0.25	1.00	1.00
5	NA	V	1.00	1.00	1.00	0.25	1.00	1.00
6	1.00	0.33	1.00	1.00	1.00	0.33	1.00	1.00
7	1.00	0.17	0.00	0.00	1.00	0.17	1.00	0.33
8	NA	V	NA	V	1.00	0.33	1.00	0.33
9	NA	V	NA	V	1.00	0.33	1.00	0.33
10	NA	V	NA	V	1.00	0.33	1.00	0.33
	1.00	0.42	0.80	0.80	1.00	0.30	1.00	0.60

TABLA V
PRECISIÓN Y COBERTURA PROMEDIOS PARA LOS MEJORES EXTRACTORES
DE CADA CAMPO

Alchemy		ParsCit		Unión Extractores				Unión Extractores	
Idioma		Título		Filiaciones		Autores		Mails	
P	C	P	C	P	C	P	C	P	C
1	1	0.82	0.82	0.90	0.86	0.80	0.95	0.88	0.71

documentos plausibles a ser cargados en el repositorio, ya que le brinda una base de datos con los documentos candidatos y sus datos filiatorios con una buena precisión.

V. CONCLUSIONES

La arquitectura propuesta automatiza la tarea de recopilación de documentos de texto dentro de un dominio web restringido con el objetivo de detectar objetos digitales educativos plausibles de ser cargados en un repositorio institucional. El prototipo implementado a partir de URL semillas genera una base de datos con los metadatos de interés de los documentos recopilados para que el administrador del repositorio decida cuáles son ODEs de autoría de docentes de la institución, para invitarlos a que realicen su depósito en el repositorio. Si bien pueden recopilarse casos negativos como un currículum (que no es considerado ODE) o un artículo científico de autoría externa que se utilice como material de cátedra (un ODE que no puede subirse al repositorio local), estos casos pueden ser fácilmente detectados por el administrador, a partir de la información extraída.

Este prototipo permitió evaluar favorablemente la arquitectura propuesta y experimentar distintas herramientas extractoras para obtener los mejores resultados en los campos de interés. Con la Unión de los Extractores propuestos, se recuperaron con buena precisión el idioma, títulos, autores, filiaciones y al menos un email de contacto para cada documento.

Entre los principales aportes de esta propuesta con respecto a otros sistemas de recopilación de información, se destaca la incorporación de la representación de la estructura de los sitios web correspondientes a las URLs semillas en una base de datos orientada a grafos, lo que permite recorrer y extraer información de nodos familiares enlazados. Por otra parte, se ha trabajado con diversos tipos de documentos a recopilar y se ha realizado la extracción de información tanto en inglés como en español.

Esta herramienta es de utilidad a los administradores de repositorios institucionales ya que automatiza una parte importante de la tarea de recopilar documentos. Como trabajo futuro se propone automatizar el filtrado de los casos negativos, ya sea por categoría del documento (por ejemplo, currículums) o por la filiación de los autores si ninguno de ellos pertenece la institución.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por la Red CYTED RIURE: Red Iberoamericana para la Usabilidad de Repositorios Educativos y por el Proyecto LATIn: Latin American open Textbook Initiative, Alfa III DCI-ALA/19.09. 01/11/21526/279-155/ALFA III (2011)-52.

REFERENCIAS

- [1] P. San Martín, P. Bongiovani, A. Casali, C. Deco, "Sociotechnological perspectives for Open Access Repositories development in the context of public universities in the central-eastern Argentina". *PKP Scholarly Publishing Conference*, DF Mexico. 2013.
- [2] B. Espinasse, S. Fournier, S. Albitar, "Combining Agents and Wrapper Induction for Information Gathering on Restricted Web Domains", *Research Challenges in Information Science*, Nice, France, 2010.
- [3] M. Pazienza, A. Stellato, M. Vindigni, "Combining Ontological Knowledge and Wrapper Induction Techniques into an e-Retail System", Workshop on *ATEM03* en *ECMLPKDD 2003*, Cavtat. 2003.
- [4] L. Huajing, I. Council, L. Bolelli, Z. Ding, S. Yang, L. Wang-chien, C. Sivasubramaniam, L. Giles. "CiteSeer X- A Scalable Autonomous Scientific Digital Library". Department of Computer Science and Engineering, The School of Information Sciences and Technology, Pennsylvania State University, 2007.
- [5] C. Castillo, PhD Thesis: "Web Crawling", Dept. of Computer Science. University of Chile November, 2004.
- [6] L. Eikvil. "Information Extraction from WWW", Norwegian Computer Center, Oslo, 1999.
- [7] T. Pire, B. Espinase, A. Casali, C. Deco. "Extracción automática de metadatos de objetos de aprendizaje: un estudio comparativo", *Proceedings del VI Congreso de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*. Junio 2011. Salta, Argentina. 2011.
- [8] A. Casali A., C. Deco, A. Romano, G. Tomé G. An assistant for loading Learning Object Metadata: An ontology based approach. *Interdisciplinary Journal of E-Learning and Learning Objects*, IJELLO, Volume 9, pages 77-87. Informing Science + IT Education, 2013.
- [9] A. Casali, C. Deco, C., Bender, F. Fontanarrosa, C. Sabater, "Asistente para el Depósito de Objetos en Repositorios con Extracción Automática de Metadatos". XV Simposio Internacional de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en la Educación (SINTICE 2013), pp. 133-136. Madrid, España, 2013.
- [10] P. Christen, "A Comparison of Personal Name Matching: Techniques and Practical Issues", Joint Computer Science Technical Report Series, The Australian National University, Australia, 2006.
- [11] G. Navarro, "A guided tour to approximate string matching", *ACM Computing Surveys*, 33(1), pp 31-88, 2001.
- [12] A. E. Monge y C. P. Elkan, "The eld matching problem: Algorithm and applications", in *Proceedings of ACM SIGKDD*, pp. 267-270, Portland 1996.
- [13] I. Robinson, J. Webber, y E. Eifrem, "Graph Databases", Published by O'Reilly Media, Inc., First Edition, June 2013.

Ana Casali es Doctora en Tecnologías de la Información (Universidad de Girona, España). Actualmente es la Directora del Departamento de Ciencias de la Computación y Profesora del Depto. de Sistemas e Informática de la Facultad de Cs. Exactas, Ingeniería y Agrimensura, de la Universidad Nacional de Rosario (UNR) e Investigadora del CIFASIS. Trabaja en varios proyectos de cooperación nacional e Internacional en el área de la Inteligencia Artificial y sus aplicaciones a la educación y tiene numerosas publicaciones en el área.

Claudia Deco es Magister en Informática por la Universidad de la República, Montevideo, Uruguay y Doctora en Ingeniería por la Universidad Nacional de Rosario (UNR). Docente e Investigadora de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la UNR. Coordinadora del Departamento de Investigación Institucional de la Facultad de Química e Ingeniería de la Universidad Católica Argentina. Sede Rosario.

Santiago Beltramone es Licenciado en Ciencias de la Computación de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la Universidad Nacional de Rosario (UNR) y Docente de dicha Facultad. Actualmente trabaja como Desarrollador de Aplicaciones Móviles en un empresa regional.

Metadatos para Juegos Educativos en Repositorios de Objetos de Aprendizaje

Manuel Freire; Baltasar Fernández-Manjón, *Senior Member, IEEE*

Title— Metadata for Educational Games in Online Repositories

Abstract— In this paper, we describe the special challenges that educational games (aka serious games) pose for online Learning Object (LO) repositories. As in all metadata, a tension exists between descriptive power and the effort needed to create these descriptions. This tension is even greater when describing complex, highly interactive multimedia content such as serious games. We consider serious games as LOs, proposing game-specific metadata, and advocate for game authoring tool support that streamlines its creation.

Index Terms— Game Metadata, Learning Objects, Educational Games, Serious Games, Learning Object Repositories

I. INTRODUCCIÓN

LA revolución tecnológica actual, junto con la creciente disponibilidad de comunicaciones ubicuas e instantáneas, está en el proceso de transformar la educación. En instituciones educativas de todo el mundo, los estudiantes dependen cada vez más de las plataformas tecnológicas para interactuar con los contenidos, así como con sus colegas y con los educadores. Hay varias iniciativas, tales como el Open Education Consortium (<http://www.oeconsortium.org/>) que contribuyen a la proliferación, compartición y disponibilidad de contenidos de alta calidad para nutrir estas instituciones. Uno de los aspectos claves de este aprendizaje facilitado por ordenador es el de la *reutilización* de contenidos, a través de objetos educativos reutilizables (los denominados Objetos de Aprendizaje: OAs). Una vez creados, los OAs pueden ser usados por cualquier número de estudiantes a un coste marginal muy bajo e idealmente incluso inexistente. Debido al alto coste que supone crear OAs de calidad, facilitar su reutilización es una forma muy eficaz de amortizar su creación.

No obstante, la reutilización efectiva requiere un alto grado de estandarización para estos OAs, así como otras medidas encaminadas a facilitar la búsqueda y evaluación de los OAs más adecuados a una necesidad educativa dada. Los repositorios de OAs permiten a autores publicar OAs e información asociada (metadatos) encaminada a facilitar su categorización, búsqueda y evaluación, permitiendo así que otros educadores puedan reutilizarlos. Gracias a los metadatos, estos repositorios pueden ofrecer herramientas de

búsqueda que permiten devolver los OAs más apropiados para consultas formuladas con referencia a sus metadatos. El campo de los metadatos más apropiados para describir OAs ha recibido y sigue recibiendo mucha atención por parte de investigadores. Existen múltiples estándares y recomendaciones encaminados a facilitar la búsqueda de documentos estáticos, multimedia, ejercicios, e incluso lecciones complejas y adaptativas basadas en una combinación de los elementos anteriores. Este trabajo se centra en los requisitos que presenta un tipo de OA que hasta ahora ha recibido poca atención desde el punto de vista de los metadatos, pero cuyo uso empieza a crecer: los juegos educativos (también conocidos como *juegos serios*). Como se verá en el presente artículo, en ninguno de los repositorios generales analizados hay soporte específico para metadatos destinados a juegos; lo cual no es sorprendente, teniendo en cuenta la escasa presencia de OAs de tipo “juego educativo” sobre el total del contenido de estos repositorios.

No obstante, los contenidos multimedia altamente interactivos, tales como los juegos, presentan retos especiales a la hora de describirlos mediante metadatos. En efecto, un contenido complejo tiende a requerir metadatos complejos, en el sentido de que, sin tales metadatos, es más difícil evaluar visualmente el grado de adecuación del contenido para la finalidad que tiene en mente el educador encargado de escogerlo. Esto crea una tensión entre la calidad de los metadatos proporcionados y el tiempo y esfuerzo necesario para crearlos. Es por esto que nuestra propuesta de metadatos juego-específicos incluye elementos para facilitar la auto-matización del proceso, lo cual esperamos que redunde en más y mejores metadatos en OAs aplicables.

La Sección II proporciona trasfondo acerca de las características de los juegos vistos como OAs, presenta varios ejemplos de metadatos para juegos empaquetados como OAs dentro de los principales repositorios, y describe los retos que supone en general la reutilización de OAs. La Sección III se centra en los retos específicos que supone la creación de metadatos para juegos, y presenta formas de automatizar su creación, así como un diseño de evaluación orientada a validar la propuesta. Finalmente, la Sección IV contiene conclusiones y trabajo futuro.

II. JUEGOS COMO OBJETOS DE APRENDIZAJE

Los juegos pueden ser un poderoso recurso educativo. Jugar es una forma natural de aprender, y ha demostrado efectos positivos tanto en la atención como en la motivación de los alumnos no sólo cuando se compara con clases

Manuel Freire and Baltasar Fernández-Manjón are with the Department of Software Engineering and Artificial Intelligence, Universidad Complutense de Madrid, Spain {manuel.freire, balta}@fdi.ucm.es

magistrales tradicionales sino también en comparación con otros tipos de contenido digital interactivo [1].

Desde un punto de vista de los Entornos Virtuales de Enseñanza (EVEs, también conocidos como Learning Management Systems en inglés), los juegos son similares a otros OAs multimedia con interacción: tienen exigencias análogas en cuanto a requisitos hardware, ancho de banda y almacenaje, y su complejidad interna en términos de los múltiples itinerarios permitidos por la lógica de juego se puede emular (al menos en teoría) usando lenguajes de modelado educativo complejos tales como IMS Learning Design [2].

No obstante, los juegos se distinguen por su integración de múltiples medios, rápida retroalimentación, y capacidad de inmersión para crear una experiencia totalmente distinta:

- Durante el tiempo de juego, las *mecánicas de interacción* entre el estudiante y el entorno quedan reemplazadas. Donde antes interaccionaba con los controles clásicos de una página web, el estudiante puede encontrarse guiando a un personaje a través de los pasillos de un hospital, o eligiendo respuestas adecuadas para un diálogo simulado.
- Los juegos pueden proporcionar *narrativas* complejas: más allá de un caso hipotético y estático, el estudiante se ve inmerso en una historia a la que puede afectar sus acciones (incrementando la *rejugabilidad* del objeto). Esta *inmersión* promueve un aprendizaje situado.
- Los juegos suelen ser considerablemente más *interactivos* que otros tipos de contenidos educativos. Esto tiene la consecuencia añadida de que pueden generar grandes cantidades de datos de interacción con los que alimentar a sistemas de analítica de aprendizaje (Learning Analytics, o LA por sus siglas en inglés).

Los metadatos usados para describir contenidos tradicionales son en general adecuados para describir juegos; no obstante, los puntos anteriores (mecánicas de interacción, narrativa, rejugabilidad, inmersión y datos de interacción) no quedarían adecuadamente cubiertos.

A. Metadatos, Reutilización y Objetos de Aprendizaje

La utilización de metadatos estandarizados permite una mayor interoperabilidad de OAs. El estándar más utilizado es el IEEE Learning Metadata [3] (LOM). En LOM, el modelo de datos especifica qué aspectos de un OA deben ser descritos, usando 9 categorías, alrededor de 70 campos y, en algunos de estos campos, qué vocabularios se deben usar para estas descripciones. El estándar LOM es complejo pero todos sus campos son opcionales, de modo que habitualmente se usan “perfiles de aplicación”, que especifican qué elementos y vocabularios son relevantes para una comunidad de uso dada. Por ejemplo, LOM-ES es un perfil de aplicación adaptado al ámbito educativo español; mientras que UK-LOM Core está orientado a la educación superior en el Reino Unido. Otros estándares de metadatos son mucho más sencillos: Dublin Core [4] tiene sólo 15 campos en su versión básica; en comparación, un objeto LOM suele tener unos 50 elementos. Cabe mencionar

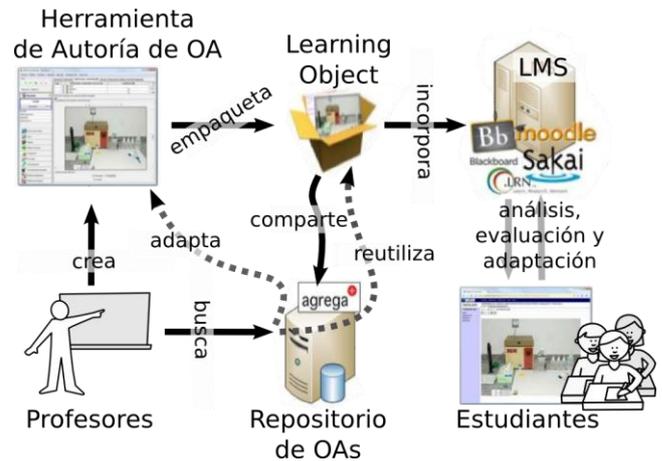


Fig. 1. Ciclo de vida actual de un juego usado como un Objeto de Aprendizaje (OA): creado por un educador, empaquetado con metadatos, y distribuido a través de un Entorno Virtual de Enseñanza (LMS). Idealmente, otros educadores lo encontrarán en el repositorio y reutilizarán más adelante.

que no todos los elementos son igualmente complejos. En el caso de LOM, la categoría de “clasificación” es mucho más compleja que, por ejemplo, el campo de “autor” de Dublin Core.

Hay múltiples repositorios de OAs mantenidos por distintos grupos e instituciones. Muchos de ellos están federados en el GLOBE (Global Learning Object Exchange, por sus siglas en inglés), en el que participan, entre otros, los repositorios de la Fundación ARIADNE [5] (Unión Europea), MERLOT [6] (California State University) y FLOR (mantenido por LACLO, de ámbito latinoamericano). Un estudio de Ochoa et al. [7] sobre cerca de la mitad de los 1.2 millones de OAs de GLOBE de aquel momento (2011) reveló que sólo 20 de los 70 elementos LOM se usaban de forma consistente; de éstos, había 4 de los 11 elementos educativos. Ochoa et al. también describieron patrones de etiquetado de metadatos altamente variables según comunidad y repositorio.

B. Juegos en Repositorios de Objetos de Aprendizaje

Los metadatos se usan para describir OAs antes de añadirlos a repositorios. Generalmente, se añaden al final de la fase de autoría y por los propios autores. Los metadatos permiten, más adelante, que otros educadores puedan encontrar OAs relevantes a sus necesidades (ver Fig. 1). Como ejemplo, el grupo de los autores del presente trabajo mantiene la plataforma de juegos serios eAdventure, que permite, en su editor de juegos, empaquetarlos con metadatos IMS-CP, LOM y LOM-ES [8], y dispone de empaquetamiento específico para LAMS y el repositorio AGREGA [9].

TABLA I
JUEGOS EN REPOSITARIOS EDUCATIVOS

Tipo de OA	ARIADNE	MERLOT	PROCOMUN
Todos	830297	44901	70598
Juegos	0,25% (2092)	N/A	0,43% (303)
Simulaciones	0,72% (6002)	7,75% (3480)	0,19% (137)

(Datos recopilados en Mayo de 2014)

Muchos repositorios ya contienen juegos educativos. Aunque éstos varían en tamaño y complejidad, todavía suponen sólo una muy pequeña fracción del total. La Tabla 1 contiene los resultados obtenidos al buscar OAs de tipo “Juego” y “Simulación” en AGREGA/PROCOMUN [10], [11], ARIADNE y MERLOT. Aunque muchas simulaciones se pueden considerar juegos por derecho propio, distinguir entre ambas requiere, en general, una intervención manual para analizar caso a caso. Por ejemplo, una pequeña simulación física de órbitas planetarias se puede considerar como un juego (si incluye una historia o narrativa asociada de soporte a la simulación y métodos para alterar estas órbitas relacionados con esta narrativa), o como una simple gráfica interactiva de las elipses correspondientes a ciertos parámetros orbitales. En el caso de MERLOT, no existe una categoría de “juegos” separada, si bien un análisis de una pequeña muestra de OAs clasificados como simulaciones revela varios que podrían ser clasificados como juegos según el criterio anterior. Sorprendentemente, el número de simulaciones/juegos en MERLOT es un orden de magnitud superior al encontrado en ARIADNE y PROCOMUN, ninguno de los cuales supera el 1%.

Por otro lado, existen repositorios especializados en juegos (aunque en general sin empaquetamiento como OA). Por ejemplo, ClarkChart [12] contenía, en mayo de 2014, más de 200 juegos y simulaciones; mientras que en el Serious Games Directory [13] había más de 130. En lugar de usar metadatos estándares, cada uno de estos repositorios usa sus propios cuestionarios para recabar información que permita clasificar y buscar entre sus entradas. En el caso de ClarkChart, el cuestionario tiene unos 40 campos, donde los únicos obligatorios son el nombre y un enlace para descargar el juego. El Serious Games Directory, mantenido por la Serious Game Association (un consorcio que agrupa tanto investigadores como empresa privada), usa un formulario de 30 campos, todos ellos de obligada cumplimentación.

C. Retos en la Reutilización de Objetos de Aprendizaje

El problema de la reutilización de contenidos es similar al que se encuentran muchas tecnologías emergentes: los

autores de contenido (oferta) no perciben que haya ni un beneficio claro ni suficiente demanda como para justificar invertir mucho tiempo en empaquetar y etiquetar sus contenidos como OAs de alta calidad. A su vez, los educadores que podrían reutilizar estos contenidos (demanda) no perciben que haya suficiente oferta, ya que resulta difícil, en los repositorios actuales, buscar y evaluar un OA que satisfaga una necesidad educativa compleja de forma sencilla y directa.

En general, una mayor oferta de OAs resultaría en un incremento en la demanda, ya que sería más probable que existieran los OAs buscados – asumiendo que el proceso de búsqueda y evaluación no funciona como debe. Por otro lado, una mayor demanda también estimularía a los autores a subir más contenidos, ya que un autor de OAs abiertos busca, en general, la máxima repercusión posible. También hay mecanismos alternativos, más allá de este ciclo virtuoso, para aumentar la reutilización: es posible estimular la demanda haciendo que la experiencia del educador que busca reutilizar sea lo más sencilla posible; y se puede incrementar la oferta facilitando al máximo el proceso de creación, etiquetado, y compartición.

Una forma de reducir el esfuerzo requerido por los autores para crear OAs reutilizables es recurrir a otras posibles fuentes de metadatos. En [14], Duval y Hodgins identifican múltiples fuentes alternativas de metadatos (más detalles se pueden encontrar en [15]). Estas fuentes se pueden categorizar como sigue:

- Contexto de uso: debido al uso de Entornos Virtuales de Aprendizaje para servir OAs, el contexto de uso (o incluso de reutilización) de un OA se puede usar para inferir su temario, nivel de profundidad, y destinatario-tipo. OAs circundantes también pueden proporcionar pistas similares. La Fig. 2 contiene una propuesta de uso de este contexto.
- Contexto de creación: la mayor parte de los autores se especializan en crear OAs para un conjunto reducido de temas y niveles educativos. Dados uno o más OAs de un autor, es posible inferir metadatos para los restantes[16].

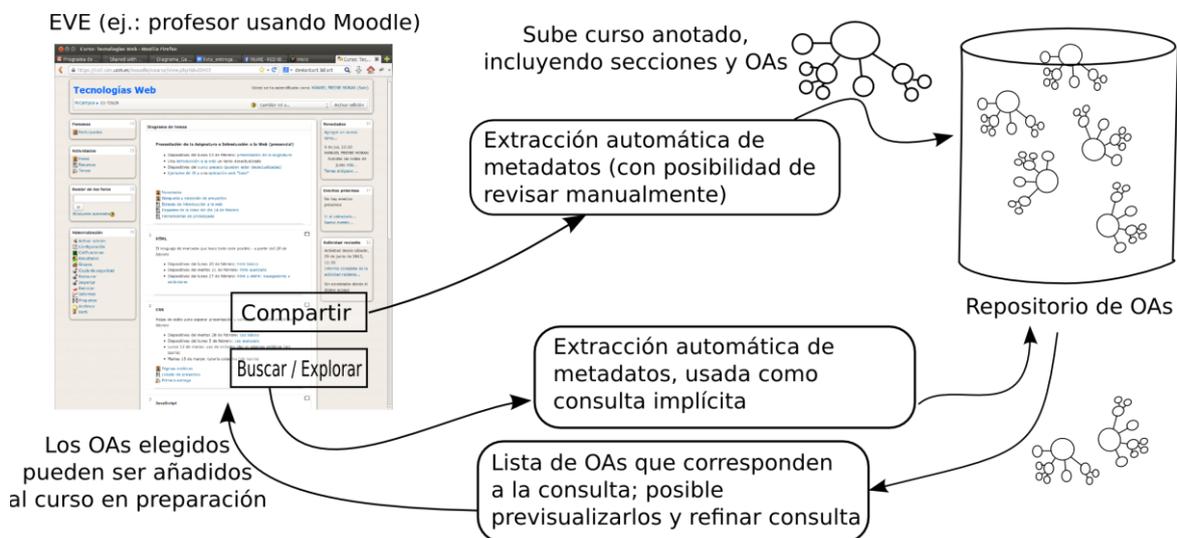


Fig. 2. Una propuesta para facilitar y simplificar la reutilización de OAs usando metadatos derivados del contexto de uso: la posición del OA dentro de un Entorno Virtual de Enseñanza, como por ejemplo Moodle, permite inferir gran cantidad de metadatos sobre su contexto educativo y nivel de complejidad. El mismo mecanismo se puede utilizar para formular consultas que devuelvan OAs cuyo contexto encaje con el actual.

- Revisiones: muchos repositorios permiten a sus usuarios escribir revisar y escribir reseñas sobre los OAs que usan ó evalúan. Estos metadatos suponen una de las pocas formas de evaluar la calidad de un OA; y el reconocimiento que suponen para los autores supone un potente estímulo a la hora de crear más y mejores OAs. La existencia y el buen funcionamiento de una comunidad en torno a un repositorio son, según [17], una garantía de salud para el mismo.
- Análisis interno: el análisis automático del contenido de un OA es una poderosa fuente de metadatos. Si bien resulta fácil con OAs de tipo textual, esta aproximación se complica en presencia de interactividad y contenidos más complejos (como es el caso de los juegos y simulaciones).
- Experiencia de uso: finalmente, es posible recopilar y analizar información acerca del grado de uso y compleción de un OA dado por parte de sus destinatarios. En general, esto requiere la existencia de un mecanismo de analítica de aprendizaje (LA, por sus siglas en inglés); pero puede proporcionar una valiosa información sobre el grado de efectividad educativa de OAs.

La propuesta ilustrada en la Fig. 2 facilitaría el etiquetado de OAs dentro de un EVE como Moodle: para compartir un OA que está siendo usado dentro de un curso, los metadatos de categorización correspondientes se podrían extraer de la tabla de contenidos del propio curso. El mismo mecanismo se podría usar, pulsando un botón de “búsqueda”, para localizar OAs usados en contextos similares. La propuesta descrita en la Fig. 2 surgió de la primera reunión, en junio de 2013, de la Red Iberoamericana para la Usabilidad de Repositorios Educativos [18](RIURE). Es interesante observar que la primera parte de la propuesta permitiría empaquetar como OA, de forma automática, cualquier contenido usado en un EVE; y podría aplicarse incluso a nivel institucional (de forma similar al sistema descrito en [15]). Estos mismos OAs podrían ser enriquecidos, más adelante, con datos de uso y rendimiento extraídos vía LA de la interacción de estudiantes con el EVE. Los metadatos obtenidos de forma automática serían revisables por los autores de los contenidos, permitiendo a éstos proporcionar correcciones u ampliaciones. En la medida en que estas correcciones sean innecesarias o menores, se habrá logrado el objetivo de aligerar la tarea de los autores.

Para un educador que desea encontrar OAs apropiados para un curso, unos buenos metadatos permiten formular consultas que describan lo que busca. Pero una vez conseguido un conjunto de resultados, sigue siendo necesario evaluarlos para ver cuáles (si es que hay alguno) resultan más apropiados. Esta fase de triaje ó evaluación es crítica (imaginemos una consulta que devuelve cientos de resultados). Si hay datos fiables de calidad y eficiencia educativa, pueden usarse para ordenar los resultados, de forma que se evaluarán primero los más prometedores. En motores de búsqueda en la web, esto se complementa con pequeños resúmenes generados automáticamente. En los repositorios de OA de la Tabla I, estos resúmenes forman

parte de los metadatos suministrados con cada objeto. Cabe reiterar que no somos, ni mucho menos, los primeros en proponer la automatización parcial de la generación ó extracción de metadatos (véanse las referencias de este apartado). El análisis anterior sólo pretende ilustrar el proceso, de cara a la discusión del apartado siguiente en el que se analizan los metadatos específicos para juegos.

III. MEJORANDO LOS METADATOS EN JUEGOS

Esta sección se centra en los retos específicos que supone la reutilización de juegos serios como OAs. Tal y como menciona la Sección II, los juegos se diferencian de otros tipos de OAs en su uso de mecánicas de interacción que, habitualmente junto con una narrativa asociada, proporcionan un alto grado de inmersión. Típicamente las narrativas y mecánicas de los juegos permiten recorrer múltiples caminos en la historia dependiendo de las interacciones del usuario, lo cual proporciona rejugabilidad. Finalmente, la alta interactividad de los juegos (en comparación con otros tipos de OAs) los convierte en una ponderosa fuente de datos para hacer analíticas de aprendizaje.

Desde el punto de vista de fuentes de metadatos tales como el contexto de uso, revisiones por parte de una comunidad ó contexto de creación, los juegos no presentan diferencias significativas frente a otros tipos de OAs. No obstante, hay dos fuentes de metadatos que sí requieren una discusión adicional: el análisis interno y la experiencia de uso.

A. Metadatos Asistidos por el Análisis Interno de Juegos

Cualquier interacción con un dispositivo se puede capturar en vídeo. En un juego donde las acciones y los resultados de las mismas tienen fiel reflejo en la pantalla, una sesión de juego puede reconstruirse, casi por completo, a través del vídeo resultante. Teniendo en cuenta la riqueza gráfica y las interfaces altamente personalizadas de los juegos, estos vídeos de “secuencia de juego” se usan frecuentemente en la industria para demostrar las características de juegos a fin de evaluarlos. Por ejemplo, en ClarkChart [12], muchos de los juegos incorporan este tipo de vídeos. Mediante una secuencia de juego representativa se pueden evaluar las mecánicas, el tipo y profundidad de la narrativa, y la aproximación elegida al objetivo educativo del juego; resulta también posible diseñar y grabar múltiples secuencias para realzar distintas características. Aunque los vídeos resultan poco apropiados para realizar consultas en repositorios, suponen elementos muy valiosos para permitir evaluar los resultados de consultas realizadas sobre otros tipos de metadatos.

En otros tipos de contenidos menos ricos, el coste de creación de secuencias de interacción representativas no se vería correspondido por su potencia descriptiva. Por ejemplo, en documentos estáticos ó ejercicios autoevaluados, un educador interesado en evaluar el contenido correspondiente puede, con una mínima inversión de tiempo, adquirir una visión general del mismo.

Desde el entorno de autoría del juego normalmente es posible automatizar la generación de vídeos de secuencia de juego, si bien es altamente deseable contar con la colaboración de los autores a la hora de definir qué

secuencias son realmente representativas. También es posible generar vídeos de secuencia de juego de forma completamente externa al entorno de autoría del mismo; no obstante, esto requiere un esfuerzo significativo por parte de los autores, que deberán saber manejar herramientas de captura y edición de vídeo y audio. Por ejemplo, el grupo e-ucm está trabajando en incorporar en el editor de juegos Adventure la capacidad de generar vídeos de juego a partir de uno o más secuencias de interés marcadas por los desarrolladores.

Más allá de los vídeos, existen múltiples metadatos que permiten clasificar un juego, tales como tipos de interacción ó interfaz visual. Además de resultar útiles para realizar búsquedas, la existencia de ciertas mecánicas de juego, tales como presión temporal o necesidad de un alto grado de precisión en el uso de dispositivos de entrada, puede tener también un impacto significativo en la accesibilidad de los juegos [19]. Desgraciadamente, no existe un amplio consenso ni en cuanto a vocabularios estandarizados para este tipo de metadatos ni para la clasificación de juegos en general [20]. Como muestra de la diversidad de mecánicas existente, BoardGameGeek (dedicado al mundo de los juegos de mesa) distingue más de 50 mecánicas [21] entre los más de 74000 juegos que indexa. Aunque no exista este consenso, un primer paso es exponer, como parte de juegos empaquetados como OAs, tantos detalles como sea posible acerca de las mecánicas internas utilizadas. Con pocas excepciones, estas mecánicas son de más alto nivel que los componentes usados en la creación de las escenas del juego; por tanto, requieren intervención manual por parte de los autores para pasar a formar parte de los metadatos.

B. Metadatos Derivados de la Experiencia de Uso

Los juegos generan una gran cantidad de información de interacción, ya que contienen ciclos de realimentación muy rápida generados vía una interacción casi constante por parte de los jugadores. Esta información permite generar metadatos de uso, asumiendo que exista un mecanismo adecuado para recopilarlos y agregarlos. Este mecanismo debe ser especificado y habilitado como parte del proceso de edición o empaquetado de los correspondientes juegos. Por ejemplo, el sistema de recopilación y analítica de aprendizaje GLEANER [22] permite recopilar estos datos de juegos desarrollados con eAdventure, y se podría extender para generar resúmenes agregados de las tasas de éxito y los tiempos medios de interacción que, a continuación, se podrían incluir en los correspondientes OAs.

C. Validación Experimental de la Propuesta

En este apartado describimos experimentos para validar y cuantificar las principales afirmaciones de esta propuesta. En primer lugar, necesitaremos contar con un entorno de edición de juegos serios que soporte las 3 fuentes de metadatos propuestas: vídeos de secuencia de juego (*videos-resúmenes*), resúmenes de información de uso recopilados vía analítica (*duración-y-dificultad*), y enumeración de mecánicas de juego usando una versión simplificada de la categorización de BoardGameGeek (*mecánicas-y-elementos*). Para este experimento, proponemos el uso de una versión modificada de la plataforma Mokap [23], de código abierto y desarrollada por el grupo de trabajo del autor.

Consideramos las siguientes preguntas experimentales:

1. Desde el punto de vista de creación de metadatos, ¿cuál es el coste, en tiempo y conocimientos, de añadir metadatos vía cada una de las 3 fuentes propuestas?
2. Desde el punto de vista de un educador que está evaluando recursos, ¿qué grado de utilidad presenta cada fuente?

Para contestar la primera pregunta, sobre costes de creación, proponemos un primer experimento en el que proporcionaríamos, a un grupo de participantes voluntarios, un primer juego muy sencillo, junto con la herramienta usada para crearlo e instrucciones para añadir metadatos de cada tipo. Un instructor explicaría paso a paso el proceso, y los participantes tendrían ocasión de hacer cuantas preguntas considerasen oportunas durante esta primera fase de entrenamiento. A continuación se pasaría a la fase experimental, en la cual los participantes tendrían que, para un nuevo juego, y sin ayuda externa (más allá del material proporcionado en la primera fase), repetir pasos similares de creación de metadatos para otro juego distinto al anterior. La dificultad se mediría tanto teniendo en cuenta los distintos tiempos y tasas de éxito en realizar las tareas como, de forma subjetiva, vía un cuestionario final. Creemos que, para un juego sencillo, y con soporte adecuado por parte de la herramienta de edición, será posible generar *videos-resúmenes* (no-narrados) en una fracción del tiempo requerido para finalizar el juego; generar anotaciones de *mecánicas-y-elementos* en el tiempo necesario para aceptar ó rechazar ítems de la lista auto-generada por la herramienta; y activar “tracking” de *duración-y-dificultad* sin más que activar el soporte incluido en la herramienta.

Para contestar a la segunda pregunta, sobre efectividad de cada tipo de metadato desde el punto de vista de evaluación, proponemos elaborar manualmente metadatos de cada tipo para una pequeña colección de juegos (< 30). A continuación, prepararíamos una interfaz de búsqueda web, similar a las encontradas en diversos repositorios de OAs actuales, en la que se pudiesen ver ~5 resultados en cada instante; y con la posibilidad de filtrar y ordenar resultados por cualquier componente ordenable ó filtrable de los correspondientes metadatos. El experimento consistiría en, controlando los tipos de metadatos disponibles, solicitar a participantes voluntarios usar la interfaz de búsqueda para encontrar los 3 juegos más similares a cada una de 4 descripciones de necesidades educativas; el primero de los 4 casos se descartaría como “de entrenamiento”, y se usaría para demostrar, por parte de un instructor, el uso de la interfaz de búsqueda. Las conclusiones del experimento procederían de analizar los tiempos requeridos por los participantes para cada uno de los 3 casos restantes, junto la calidad de sus resultados y sus comentarios y respuestas en un cuestionario subjetivo acerca de la experiencia. Esperaríamos encontrar que los 3 tipos de metadatos son complementarios, y que su utilidad depende en gran medida de la concreción usada en la formulación de la necesidad educativa. Así, mientras filtrar por “duración estimada” es fácil, evaluar si un juego contiene o no violencia gráfica exigiría, en ausencia de descripciones precisas, analizar vídeos de secuencia de juego ó intentar jugarlo en todas sus variantes.

IV. CONCLUSIÓN

A pesar de la creciente adopción de Entornos Virtuales de Enseñanza por parte de instituciones educativas, la reutilización de OAs a través repositorios sigue siendo la excepción más que la norma.

Con el fin de reducir las barreras que mantienen esta reutilización en niveles bajos en el caso específico de los OAs de tipo juego educativo, abogamos por la automatización de la generación de sus metadatos, tanto a través de una mayor integración con los Entornos Virtuales de Enseñanza donde se usan estos OAs como a través de soporte específico desde las herramientas de autoría en las que son creados.

Para juegos educativos usados como OAs, describimos estrategias tanto para facilitar su evaluación por humanos (vídeos de secuencias de juego) como para su indexación y búsqueda en repositorios, usando metadatos que proporcionen detalles sobre su narrativa, rejugabilidad, mecánicas de juego, y duración y dificultades típicas. Estas 3 estrategias son complementarias, y todas ellas se beneficiarán de la inclusión de soporte específico en el editor de juegos serios correspondiente. Proponemos, asimismo, dos experimentos concretos que permitirían validar las anteriores hipótesis.

Como trabajo futuro, nos proponemos finalizar la integración de las técnicas de automatización mencionadas, y llevar a cabo las correspondientes validaciones experimentales.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está parcialmente financiado por la red RIURE (CYTED 513RT0471), la Comunidad de Madrid (eMadrid S2013/ICE-2715), la Universidad Complutense de Madrid (GR3/14-921340), el Ministerio de Educación (TIN2013-46149-C2-1-R) y la Comisión Europea (SEGAN 519332-LLP-1-2011-1-PT-KA3-KA3NW, H2020-RAGE 644187).

REFERENCIAS

- [1] T. M. Connolly, E. A. Boyle, E. MacArthur, T. Hainey, and J. M. Boyle, "Computers & Education A systematic literature review of empirical evidence on computer games and serious games," *Comput. Educ.*, vol. 59, no. 2, pp. 661–686, 2012.
- [2] IMS Consortium, "IMS Learning Design Information Model, version 1.0." [Online]. Available: http://www.imsglobal.org/learningdesign/ldv1p0/imsld_infov1p0.html. [Accessed: 11-May-2014].
- [3] IEEE Learning Technology Standardization Committee, "Draft Standard for Learning Object Metadata," 2002.
- [4] S. Weibel, J. Kunze, C. Lagoze, and M. Wolf, "Dublin Core Metadata for Resource Discovery," *IETF Req. Comments*, vol. 2413, pp. 1–8, Sep. 1998.
- [5] Ariadne Foundation, "Ariadne." [Online]. Available: <http://www.ariadne-eu.org/>. [Accessed: 12-May-2014].
- [6] R. Cafolla, "Project MERLOT: Bringing peer review to web-based educational resources," *J. Technol. Teach. Educ.*, vol. 14, no. 2, pp. 313–323, 2006.
- [7] X. Ochoa, J. Klerkx, B. Vandeputte, and E. Duval, "On the use of learning object metadata: the GLOBE experience," *Toward ubiquitous Learn.*, pp. 271–284, 2011.
- [8] A. del Blanco and J. Torrente, "Deploying and debugging educational games using e-Learning standards," in *Global Engineering Education Conference (EDUCON 2012)*, 2012, pp. 1–7.

- [9] Á. del Blanco, E. J. Marchiori, J. Torrente, I. Martínez-Ortiz, and B. Fernández-Manjón, "Using e-learning standards in educational video games," *Comput. Stand. Interfaces*, vol. 36, no. 1, pp. 178–187, Nov. 2013.
- [10] A. Sarasa, J. Canabal, and J. Sacristán, "Agrega: A Distributed Repository Network of Standardised Learning Objects," in *Distributed Computing, Artificial Intelligence, Bioinformatics, Soft Computing, and Ambient Assisted Living*, 2009, pp. 466–474. Ministerio de Educación Cultura y Deporte, "Procomún."
- [11] [Online]. Available: <http://procomun.educalab.es/comunidad/procomun>. [Accessed: 12-May-2014].
- [12] C. Aldrich, "ClarkChart, The Registry of Simulations and Serious Games." [Online]. Available: <http://www.clarkchart.com/>. [Accessed: 11-May-2014].
- [13] Serious Games Association, "Serious Games Directory." [Online]. Available: <http://www.seriousgamesdirectory.com/>. [Accessed: 11-May-2014].
- [14] E. Duval and W. Hodgins, "Making metadata go away: Hiding everything but the benefits," in *Proceedings of the 2004 international conference on Dublin Core and metadata applications: metadata across languages and cultures*, 2004, pp. 1–7.
- [15] K. Cardinaels, M. Meire, and E. Duval, "Automating metadata generation: the simple indexing interface," in *WWW '05: Proceedings of the 14th international conference on World Wide Web*, 2005, pp. 548–556.
- [16] V. Malaxa and I. Douglas, "A Framework for Metadata Creation Tools," *Learning*, vol. 1, no. Interdisciplinary Journal of Knowledge and Learning Objects. Vol. 1, pp. 151–162, 2005.
- [17] X. Ochoa, "Connexions: a social and successful anomaly among learning object repositories," *J. Emerg. Technol. Web Intell.*, vol. 2, no. 1, pp. 11–22, 2010.
- [18] Red Iberoamericana para la Usabilidad de Repositorios Educativos, "Portal." [Online]. Available: <http://riure.net/>. [Accessed: 12-May-2014].
- [19] J. Torrente, Á. del Blanco, P. Moreno-Ger, I. Martínez-Ortiz, and B. Fernández-Manjón, "Implementing accessibility in educational videogames with <e-Adventure>," in *Proceedings of the first ACM international workshop on Multimedia technologies for distance learning - MTDL '09*, 2009, p. 57.
- [20] C. Lindley, "Game taxonomies: A high level framework for game analysis and design," *Gamasutra*, 2003. [Online]. Available: http://homepage.ttu.edu.tw/jmchen/gameprog/slides/game_taxonomy.pdf. [Accessed: 15-Mar-2015].
- [21] BoardGameGeek, "BoardGameGeek Game Mechanics," 2015. [Online]. Available: <https://boardgamegeek.com/browse/boardgamemechanic>. [Accessed: 15-Mar-2015].
- [22] Á. Serrano, E. J. Marchiori, Á. del Blanco, J. Torrente, and B. Fernández-Manjón, "A framework to improve evaluation in educational games," in *Global Engineering Education Conference (EDUCON), 2012 IEEE*, 2012, pp. 1–8.
- [23] e-UCM Research Group, "Mokap Platform Website," 2015. [Online]. Available: <http://mokap.es/>. [Accessed: 15-Mar-2015].

Manuel Freire es Doctor en Ingeniería Informática por la Universidad Autónoma de Madrid. En la actualidad es profesor Contratado Doctor en el Departamento de Ingeniería Informática e Inteligencia Artificial de la UCM, donde investiga como integrante del grupo e-UCM en temas de e-learning, juegos serios, visualización e interacción persona-ordenador. Ha publicado más de 30 artículos académicos sobre estos temas.

Baltasar Fernández-Manjón es Doctor en Ciencias Físicas por la Universidad Complutense de Madrid, donde es Profesor Titular en la Facultad de Informática. Es también IEEE Senior Member y director del grupo de investigación e-UCM, y sus intereses académicos se centran en tecnologías de e-learning, modelado de usuarios, aplicaciones de estándares educativos, y juegos serios. Ha publicado más de 120 artículos en revistas y conferencias del campo.

Mapeo de Metadatos de Objetos de Aprendizaje con Estilos de Aprendizaje como Estrategia para mejorar la Usabilidad de Repositorios de Recursos Educativos

Néstor D. Duque, Valentina Tabares, Rosa M. Vicari

Title— Learning Object Metadata Mapping in Learning Styles as Strategy for Improving Usability of Educational Resource Repositories.

Abstract— One of the topics that generate interest in the community is the possibility to relate the characteristics of students with the type of material that best suits your learning style, interests and preferences. This topic holds most importance in systems that perform automatic selection of materials and educational activities and thus improving the usability. The proposal presented in this article is directed to the personalized selection of learning objects according to the student Learning Style. The proposal and some of the tests that predict good outcomes in diverse systems is presented.

Index Terms— Usability in repositories of educational material, Object Learning Metadata, Learning Styles.

I. INTRODUCCIÓN

LOS recursos educativos digitales en línea son cada día más utilizados en las bibliotecas y en otros espacios en los que se tiene acceso a internet. Tienen como objetivo, al igual que los recursos denominados tradicionales, atender necesidades y preocupaciones de los usuarios, facilitando la obtención de información pertinente, precisa y relevante de manera ágil y oportuna [1]. La disponibilidad de un número elevado de recursos educativos es una ventaja para los estudiantes, pues permite el acceso a material con diferentes enfoques y creados por diferentes personas, lo cual facilita una visión más amplia en el tratamiento de los conceptos y las mismas estrategias de enseñanza. Pero esta enorme cantidad de recursos educativos, además de la posibilidad abierta de publicar material sin ningún proceso de evaluación previo, también conlleva riesgos y problemas en lo referente a la disponibilidad y relevancia de los materiales recuperados, acordes con las necesidades, preferencias y estilos de aprendizaje de los estudiantes.

Los Objetos de Aprendizaje (OAs) son una alternativa

que ataca parte de estos problemas, aprovechando su etiquetado y disponibilidad en repositorios institucionales. Morales y otros, reconocen que dentro de los materiales educativos en línea, especial interés presentan los OAs que se distinguen de otros recursos por su posibilidad de reutilización en múltiples contextos, además de su disponibilidad en diferentes ambientes [2]. Los OAs son almacenados en bibliotecas digitales llamadas repositorios, que son accesibles a través de una red para facilitar su búsqueda y recuperación soportada en metadatos [3].

Los OAs almacenados en repositorios tienen entre los fines la reutilización (de la misma forma que los contenidos educativos abiertos). Por lo tanto, quien los desarrolla necesita estar atento a la usabilidad y la adaptabilidad de estos contenidos. Módulos muy pequeños o muy grandes suelen ser ineficientes. Muy pequeños permiten la fácil adaptación pero su utilidad puede verse afectada, ya que tiende a ser muy específico y el trabajo que supone su reutilización puede no ser compensado. Por otra parte, módulos educativos muy grandes son de difícil adaptación y reutilización. Siendo así, nuestra experiencia apunta en el sentido, que los materiales con tamaño medio y direccionados a una solución de problemas habituales del día a día en las aulas de clase, suelen ser los de mayor usabilidad, permiten una fácil adaptación, y por lo tanto consiguen más fácilmente el objetivo de la reutilización. Sin embargo, para que los contenidos educativos puedan ser reutilizados es importante tener presente los derechos asociados a los mismos, lo cual también está definido en los metadatos.

En términos muy simples la usabilidad de un sistema se asocia con facilidad de uso, pero asociado al usuario particular que interactúa. Esto implica que en la usabilidad hay un componente importante asociado a la adaptabilidad y para adaptar la recuperación de OAs se debe reconocer la individualidad del usuario representada en el perfil del estudiante, entendido como las características permanentes y no permanentes del estudiante y que puede involucrar diferentes elementos académicos, psicológicos, preferenciales, contextuales, etc. y un aspecto de gran relevancia para el proceso educativo es su Estilo de Aprendizaje.

El trabajo de selección de OAs almacenados en repositorios de acuerdo con el perfil del aprendizaje de un estudiante puede ser facilitado, si el desarrollador del

Néstor D. Duque M., Universidad Nacional de Colombia – Sede Manizales. ndduqueme@unal.edu.co

Valentina Tabares M., Universidad Nacional de Colombia – Sede Manizales. vtataresm@unal.edu.co

Rosa M. Vicari, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS. rosa@inf.ufrgs.br

contenido pedagógico incluye en los metadatos información que pueda ser asociada con las características de los usuarios a los cuales está destinado. Con el fin de aprovechar los metadatos que forman parte de un OA y realizar una recuperación personalizada, se requiere asociar los valores de sus etiquetas con elementos concretos del perfil de estudiante. Esto implica determinar cuáles valores se involucran en esta correspondencia. En esta dirección se orientó el trabajo presentado en este artículo.

Trabajos como el de Peña y otros (2002) han realizado un acercamiento a la relación de Estilos de Aprendizaje de los estudiantes según el modelo de Felder y el tipo de material. Su trabajo busca adecuar dinámicamente los contenidos didácticos al estudiante, de acuerdo a sus preferencias teniendo en cuenta el formato en el cual se presenta la información. Esta propuesta no se enfoca a OAs, por lo tanto no está sujeta a ningún estándar de metadatos [4].

Del mismo modo, en el trabajo presentado por Arias y otros (2009) se propone un modelo para selección de recursos educativos a ser utilizados en cursos virtuales, de acuerdo al estilo de aprendizaje del estudiante. Esta propuesta trabaja con OAs que se encuentran etiquetados bajo el estándar Dublin Core [5].

En la práctica la selección automática de estos materiales no es fácil, lo que dificulta su utilización en entornos como repositorios de objetos de aprendizaje, para mejorar resultados de búsqueda y permitir la adaptación de los contenidos a las características de los estudiantes.

En trabajo previo [6], se presentó un primer acercamiento de usar la información disponible de los materiales educativos y las preferencias dependientes de los Estilos de Aprendizaje del estudiante para realizar recomendaciones de OAs desde repositorios de estos recursos educativos, pero la experiencia permitió determinar algunas falencias y el presente trabajo refina el enfoque previo, adicionando otros metadatos y precisando el dominio de los valores para cada uno.

Un sistema adaptativo se puede entender como un sistema con la capacidad para que dinámicamente se adapte a los requerimientos de la interacción de los usuarios, en el que se deben definir tres elementos: Modelo del alumno, modelo del dominio y estrategia de adaptación, como se aprecia en la Figura 1 [7]. Retomando este concepto, para realizar búsquedas personalizadas de OAs se debe, entonces, definir cuáles son las características, tanto de los OAs como del perfil del aprendiz, que se pueden intersectar o mapear para realizar la recuperación de información personalizada.

Este artículo presenta una propuesta basada en investigaciones y experimentos realizados, que se orienta a relacionar parte de los metadatos del OA, según el estándar LOM, y las características de los aprendices, para seleccionar los recursos educativos almacenados en repositorios que mejor se adecuen a las necesidades y condiciones de los estudiantes.

El resto del artículo se organiza así: en la siguiente sección se presentan conceptos básicos para exponer la propuesta, a continuación se detalla la propuesta, en la sección *pruebas y resultados* se muestra la aplicación de la propuesta a un caso de estudio, para terminar con algunas conclusiones y trabajos futuros.

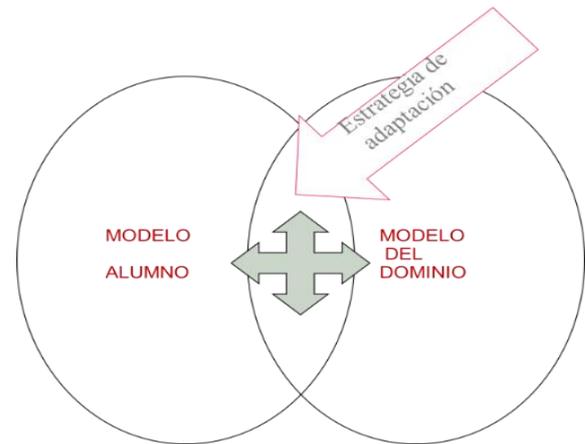


Fig. 1. Componentes de un Sistema Adaptativo [7].

II. PERFIL DE ESTUDIANTE, OBJETOS DE APRENDIZAJE Y METADATOS

A. El Perfil del Estudiante

Incluye todas las características permanentes y no permanentes de un aprendiz, entre ellas relacionadas con aspectos académicos, de personalidad, psicológicos, psicopedagógicos, anímicos, contextuales y ambientales. Dentro de los varios componentes los Estilos de Aprendizaje (Learning Styles, LS) son reconocidos como relevantes en el proceso de aprendizaje. Según Felder (1996) se debe ser consciente de las diferencias que tienen los estudiantes para procesar la información, con el fin de poder ofrecer materiales pedagógicos dinámicos adaptados a preferencias particulares de aprendizaje [8]. Varios autores han explorado el papel de los LS en el mejoramiento de la calidad del aprendizaje y conceptúan que todo individuo posee en un estilo propio, cambiante, y que se relaciona directamente con las tareas educativas y los resultados obtenidos [9].

B. Recursos Educativos Digitales

Son materiales digitales con una intencionalidad educativa y que pueden ser utilizados en el proceso de aprendizaje para obtener o fortalecer competencias. Un tipo específico de recurso educativo digital son los Objetos de Aprendizaje (OAs) que son entidades que generalmente son entregadas a través de internet y están diseñadas con el fin de que sean utilizadas y reutilizadas en múltiples contextos educativos [10]. Son unidades independientes, autocontenidas, que se pueden asociar con un objetivo de aprendizaje específico, lo que facilita su reutilización. Una de las principales características de los OAs es que contienen metadatos que los describen facilitando su búsqueda y recuperación [11]. Estos metadatos permiten identificar cada OA, conocer cómo, dónde y por quién fue desarrollado, cuál es el segmento al que va dirigido, aplicación, interactividad, características técnicas y otro tipo de información relevante, que ayuda a entender su contenido. El principal objetivo de los metadatos es facilitar la búsqueda, evaluación, recuperación y uso de los OAs, lo que permite la reutilización de estos recursos, que es uno de sus mayores retos [12].

Con el fin de facilitar la interoperabilidad entre diferentes

sistemas que contengan OAs, se han propuesto estándares para sus metadatos. Algunos de los más conocidos y utilizados son [12] [13]: a) LOM: internacionalmente reconocido, propuesto por IEEE, como un modelo jerárquico de datos con metadatos agrupados en 9 categorías. b) Dublin Core: Propuesto por la DCMI (Dublin Core Metadata Initiative) establece 15 elementos para catalogar recursos digitales en general. c) OBAA: Una iniciativa brasileña que propone un estándar de metadatos para OAs compatible con el estándar IEEE-LOM. Su principal diferencia es que está orientado a la interoperabilidad de los OAs en plataformas como Web, TV digital y dispositivos móviles, además permite almacenar informaciones adicionales relacionadas con accesibilidad para personas con necesidades especiales y características propias del contexto de educación brasileño.

C. Repositorios de Objetos de Aprendizaje (ROAs)

Son bibliotecas digitales especializadas, que alojan múltiples tipos de OAs junto con sus metadatos, permitiendo su búsqueda y recuperación de manera que puedan ser utilizados en diversos ambientes de e-learning. El acceso al repositorio y la información de los OAs en cada ROA específico, es fundamental en el proceso de selección y obtención personalizada de los recursos educativos.

III. PROPUESTA DE MAPEO METADATOS - ESTILOS DE APRENDIZAJE

La personalización de las estrategias de enseñanza y aprendizaje es un factor fundamental en el aprovechamiento de las tecnologías de la información y la comunicación, y una ayuda en la formación de competencias, en particular en entornos virtuales de aprendizaje.

Esta propuesta recoge elementos de los trabajos previos referidos [4][5][6] y se enfoca en explotar la información contenida en los metadatos de los OAs y se fundamenta en las guías teóricas de las actividades recomendadas por Felder, según el LS del estudiante. Se orienta a responder con OAs adecuados al perfil del usuario en procesos de búsqueda en repositorios de objetos de aprendizaje.

Para esta fase inicial se ha tomado como base el estándar de metadatos LOM, el cual es adoptado por el repositorio donde se realizaron los experimentos para el caso de estudio. Específicamente son utilizados los metadatos Tipo de Recurso Educativo (Learning Resource Type), Nivel de Interactividad (Interactivity Level) y Tipo de Interactividad (Interactivity Type) los cuales pertenecen a la categoría Educativa.

El modelo de LS seleccionado es el propuesto por Felder, FLSM, que clasifica los estudiantes en dicotomías así: Activo/Reflexivo, Sensorial/Intuitivo, Visual/Verbal y Secuencial/Global. Como se puede observar en la Figura 2,

ESTILOS DE APRENDIZAJE							
Percepción		Procesamiento		Representación		Comprensión	
¿Qué tipo de información se prefiere recibir?		¿Cómo se prefiere adquirir información?		¿A través de qué vía sensorial se prefiere captar información?		¿De qué modo se facilita el entendimiento de contenidos?	
Sensorial	- Intuitivo	Activo	- Reflexivo	Visual	- Verbal	Secuencial	- Global

Fig. 2. Elementos del Modelo de Felder y Silverman [9].

cada dicotomía corresponde a un elemento diferente dentro del proceso de aprendizaje, lo que permite identificar los tipos de recursos educativos que mejor se adecuen a las necesidades del estudiante [9]. Identificar el tipo de información, la forma como se prefiere adquirir, la vía sensorial y el modo que facilita el entendimiento, está estrechamente relacionado con el tipo de OA, su nivel y tipo de interactividad.

A continuación se describen las características de los LS, tenidas en cuenta para el mapeo con los metadatos del estándar LOM [9] [14]:

- **Activos:** Cuando los estudiantes con este estilo tienen la posibilidad de interactuar durante el proceso de aprendizaje, tienden a retener y comprender mejor la nueva información. Cuestionarios, Ejercicios y Experimentos son unos de los recursos que más les ayuda.

- **Reflexivos:** En este caso, es preferible entregar al estudiante recursos que le permitan meditar y analizar mejor los contenidos, como por ejemplo lecturas, tablas y diagramas.

- **Sensitivos:** Las personas con este estilo de aprendizaje son prácticas, orientadas hacia hechos, prefieren trabajar con experimentos y simulaciones, porque se les facilita la memorización de hechos.

- **Intuitivos:** Se recomienda entregar a un estudiante con este perfil, recursos que los orienten hacia las teorías y comprensión de nuevos conceptos, tales como textos narrativos, presentaciones y lecturas.

- **Visuales:** El mecanismo de obtención de la información que prefieren las personas con mayor inclinación hacia este estilo, es a través de representaciones visuales, con materiales como diagramas, figuras, tablas y gráficos.

- **Verbales:** Debido a que los estudiantes con este estilo de aprendizaje recuerdan mejor lo que leen o lo que oyen, se recomienda entregar materiales educativos como lecturas, textos narrativos y presentaciones.

- **Secuenciales:** Esta característica está orientada a la forma como se facilita el entendimiento, por lo que en este caso es preferible entregar al estudiante material que permitan transmitir la nueva información paso a paso. Por ejemplo ejercicios, simulaciones, diagramas y experimentos.

- **Globales:** Los estudiantes que son globales obtienen mejores resultados cuando interactúan con materiales que muestran el problema en su totalidad, tales como figuras y gráficos.

A partir de las definiciones de las dicotomías del modelo FLSM y de los metadatos del estándar LOM seleccionados para esta propuesta, en la Tabla I se recogen los valores posibles de estos metadatos, cruzados con las cuatro dicotomías de los Estilos de Aprendizaje. Para determinar si ese metadato es pertinente o no a cada LS se coloca un 1 o un 0 según corresponda en el cruce entre estos dos elementos. Por ejemplo, si el Tipo de Recurso Educativo de un OA es "Ejercicio", éste será conveniente para un estudiante que tenga un Estilo de Aprendizaje "activo", mientras que para un estudiante "reflexivo" no, por lo que entre la primera columna y la primera fila se pone un 1 y en el cruce entre la segunda columna y la primera fila un 0. Así sucesivamente se hace para el resto de elementos.

A partir de esta propuesta de mapeo entre los estilos de

aprendizaje y algunos metadatos de LOM, es posible la recuperación personalizada de OAs. Después de la selección de un conjunto de recursos bien sea para un Objetivo Educativo específico, como para los resultados a partir de una cadena de búsqueda en un repositorio, se pueden realizar de forma automática las comparaciones para entregar a los estudiantes recursos que se adecuen a sus necesidades y preferencias en el proceso de aprendizaje.

Se deben definir para el estudiante al que se le desea entregar el recurso, los valores correspondientes a cada dicotomía del modelo de Felder (un valor impar entre -11 y 11). Con estos datos y la relación presentada en la Tabla I, se procede a realizar las respectivas comparaciones con el fin de generar al final un valor numérico que permitirá seleccionar el recurso que tenga un mayor nivel de relación con el estilo del estudiante.

A continuación se presentan los pasos que deberían ejecutarse para obtener los resultados:

1. Seleccionar cada OA y repetir los siguientes pasos hasta que todos sean evaluados.

1.1. Seleccionar cada metadato (Learning Resource Type, Interactivity Level, Interactivity Type) del OA seleccionado y repetir los siguientes pasos hasta que los tres metadatos sean evaluados.

1.1.1. Seleccionar en la Tabla I la fila correspondiente al valor del metadato.

TABLA I
RELACIÓN METADATOS LOM VS ESTILOS DE APRENDIZAJE FLSLM

Posibles Valores del Metadato	activo/reflexivo		sensorial/intuitivo		visual/verbal		Secuencial/global	
	A	B	A	B	A	B	A	B
Learning Resource Type								
Ejercicio	1	0	1	0	0	0	1	0
Simulación	1	1	1	1	1	0	1	0
Cuestionarios	1	0	0	1	0	0	0	0
Diagramas	0	1	0	1	1	0	1	1
Figuras	0	1	0	1	1	0	0	1
Gráficos	0	1	1	0	1	0	0	1
Presentaciones	0	1	1	1	1	1	1	1
Tablas	0	1	1	0	1	0	0	1
Textos narrativos	0	1	1	1	0	1	1	1
Exámenes	1	1	1	1	0	0	0	0
Experimentos	1	0	1	0	0	0	1	0
Declaración de problemas	0	1	1	0	0	0	0	0
Autoevaluaciones	1	1	1	1	1	1	1	1
Lecturas	0	1	1	1	0	1	1	1
Interactivity Level								
Muy bajo	0	0						
Bajo	0	0						
Medio	1	0						
Alto	1	0						
Muy alto	1	0						
Interactivity Type								
Activo	1	0						
Expositivo	0	1						
Mixto	1	1						

1.1.2. Seleccionar cada columna de la Tabla I correspondiente a cada dicotomía de los LS y repetir lo siguiente:

- Identificar el valor del LS del estudiante correspondiente a la columna.
- Si el valor es menor que 0 seleccionar el valor A de la columna, si el valor es mayor que 0 seleccionar el valor B de la columna.
- Multiplicar el valor absoluto del LS para la columna seleccionada con el valor obtenido en el punto b).

1.1.3. Para el metadato seleccionado sumara todos los valores resultantes en el punto c).

1.2. Para el OA seleccionado sumar todos los valores resultantes del punto 1.1.3.

2. Seleccionar el OA con el mayor valor en el punto 1.2.

En caso de ausencia de valores de algunos de los metadatos la correspondencia no se da, por lo cual se pasa inmediatamente del punto 1.1.1 al punto 1.1.3 asignando un valor de 0, lo que se refleja en una menor posibilidad de selección para ese OA.

IV. PRUEBAS Y RESULTADOS

Para probar la propuesta se planteó un caso de estudio aprovechando el acceso a la Federación de Repositorios de Objetos de Aprendizaje Colombia FROAC (<http://froac.manizales.unal.edu.co>).

Se vincularon a la prueba 20 estudiantes que realizaron el test propuesto por Felder para calificarlos según las 4 dicotomías. Para cada dimensión el estudiante puede obtener valores impares entre -11 y 11, por lo tanto para la primera categoría que es activo/reflexivo si se tiene un valor de 7 indicaría que el estudiante tiene una mayor tendencia reflexiva. En la Tabla II se muestran los datos del perfil del estudiante asociados al estilo de aprendizaje.

Para esta prueba se recuperaron, para un Objetivo Educativo concreto, 4 OAs almacenados en FROAC que se detallan en la Tabla III, de los cuales se entregará a cada estudiante el recurso que mejor se adecúa a su estilo de aprendizaje, de acuerdo a la propuesta presentada.

Para la selección del material, y con el fin de explicar con un ejemplo, se seleccionó al “Estudiante 8” quien presenta LS así: activo/reflexivo: 9; sensorial/intuitivo: -5; visual/verbal: -7; secuencial/global: 5. Se realizaron las comparaciones necesarias con la Tabla I en la que se hace un mapeo entre los metadatos del OA y las categorías de los estilos de aprendizaje, tal como se explica en la sección anterior.

Las comparaciones realizadas y los resultados obtenidos se presentan en la Tabla IV, donde se puede observar que el OA seleccionado es el número 3 para el “Estudiante 8”.

Por ejemplo, en el OA1 para las comparaciones del Tipo de Recurso Educativo se obtiene en la columna sensorial/intuitivo un valor de 5, que corresponde a la multiplicación entre el valor absoluto correspondiente al perfil del estudiante (en este caso -5 cuyo valor absoluto es 5) y el valor 1 de la Tabla I del cruce entre “Texto

Narrativo” y sensorial. Para la categoría de Nivel de Interactividad en la columna activo/reflexivo se obtiene un 0, correspondiente a la multiplicación entre el valor absoluto correspondiente al estilo de aprendizaje que en este caso sería 9 y el cruce entre “Bajo” y reflexivo que es 0. De esta forma se realizan los cálculos para cada conjunto de metadatos de los OAs seleccionados.

Finalmente, los totales para cada OA corresponden a la suma de los resultados de las tres categorías, para el OA1 sería 19, para OA2 21, para el OA3 correspondería 30, de la suma de 21, 0 y 9 y al final el OA4 con 14. Con estos resultados se selecciona el de mayor valor o sea el OA3.

Para la validación inicial de la propuesta se construyó un instrumento tipo encuesta (Cuestionario de Satisfacción de Estudiante). Los ítems utilizados se referían al nivel de satisfacción con el Objeto entregado y se calificó según la escala tipo Likert de 1 a 5, los valores del 1 al 5 representan el grado de satisfacción de los estudiantes respecto al OA entregado. Esta satisfacción está directamente asociada a las dimensiones de su estilo de aprendizaje, por lo cual las preguntas buscan reflejar esta situación.

El cuestionario inicia con la siguiente frase: Por favor, indique su grado de SATISFACCIÓN de 1 a 5, con los siguientes aspectos del OA entregado. Los números en la

TABLA II
PERFIL DE LOS ESTUDIANTES DEL CASO DE ESTUDIO

Estudiante	activo/ reflexivo	sensorial/ intuitivo	visual/ verbal	secuencial/ global
Estudiante 1	7	-11	-11	-7
Estudiante 2	1	3	7	-3
Estudiante 3	7	-11	-7	-5
Estudiante 4	-9	3	9	3
Estudiante 5	-9	-11	-1	-5
Estudiante 6	3	5	-3	9
Estudiante 7	7	-5	3	-11
Estudiante 8	9	-5	-7	5
Estudiante 9	-11	11	11	-11
Estudiante 10	-11	-1	1	7
Estudiante 11	-9	-1	7	11
Estudiante 12	3	1	7	5
Estudiante 13	9	-11	11	-1
Estudiante 14	5	-5	3	-9
Estudiante 15	5	3	3	1
Estudiante 16	9	-7	9	-5
Estudiante 17	9	11	7	-7
Estudiante 18	9	7	-11	-7
Estudiante 19	-5	-3	-9	-11
Estudiante 20	11	-11	-11	11

TABLA III
OAS ASOCIADOS A UN OBJETIVO EDUCATIVO ESPECÍFICO

Id OA	Tipo de Recurso Educativo	Nivel de Interactividad	Tipo de Interactividad
OA 1	Texto Narrativo	Bajo	Expositivo
OA 2	Simulación	Alto	Activo
OA 3	Figura	Bajo	Expositivo
OA 4	Examen	Medio	Activo

escala significan: 1. Totalmente en desacuerdo, 2. En desacuerdo, 3. Ni de acuerdo ni en desacuerdo, 4. De acuerdo y 5. Totalmente de acuerdo

Las preguntas y la acumulación de cada calificación por cada ítem se aprecian en la Tabla V.

TABLA IV
COMPARACIONES Y CÁLCULOS PARA SELECCIÓN DE OA PARA UN ESTUDIANTE ESPECÍFICO

Id OA	activo/ reflexivo	sensorial/ intuitivo	visual/ verbal	secuencial/ global	Total
Tipo de Recurso Educativo					
OA1	0	5	0	5	10
OA2	9	5	7	0	21
OA3	9	0	7	5	21
OA4	9	5	0	0	14
Nivel de Interactividad					
OA1	0				0
OA2	0				0
OA3	0				0
OA4	0				0
Tipo de Interactividad					
OA1	9				9
OA2	0				0
OA3	9				9
OA4	0				0
TOTAL					
OA1				19	
OA2				21	
OA3				30	
OA4				14	

TABLA V
RESPUESTAS A LAS PREGUNTAS DE LA ENCUESTA DE SATISFACCIÓN

#	Pregunta	Número de Respuestas					Total
		1	2	3	4	5	
1	¿El Objeto de Aprendizaje se adecua a la forma en que mejor percibe la información?	0	0	8	3	9	20
2	El formato verbal/visual se ajustó a mis preferencias	0	0	4	5	11	20
3	¿Se sintió satisfecho con la forma en que está organizado el OA?	0	0	7	4	9	20
4	¿Se sintió satisfecho con el tipo de situaciones que promueve el OA?	0	0	5	5	10	20
5	En general se sintió satisfecho con el OA entregado	0	0	4	5	11	20

La Figura 3 muestra que son muy cercanas las calificaciones del grupo (eje x) en los diferentes ítems para cada pregunta (eje y) y que no existen respuestas completamente desfavorables con respecto a la satisfacción de los estudiantes sobre el OA entregado.

Las calificaciones con valor 3 (Ni de acuerdo ni en desacuerdo) generalmente se deben a que no hay claridad en la respuesta o hay indecisión en el estudiante, y dado que representan el 28% de los resultados, indica que las preguntas pueden resultar confusas, a pesar que se apoyó en la comprensión de la misma a cada estudiante, al momento de la encuesta.

V. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

El caso de estudio expuesto permite validar la propuesta presentada para la selección de material educativo con base en los metadatos de los OAs en repositorios y el estilo de aprendizaje del estudiante.

Como se presentó, a partir de cruzar los rasgos de los estudiantes en las dicotomías de Modelo Felder con las características que mejor apoyan los recursos educativos, calificados según tres valores de metadatos del OA, se pueden seleccionar desde los repositorios recursos educativos en forma personalizada.

A partir de los resultados se implementó la recuperación automática de OAs en repositorios según el estilo de aprendizaje del estudiante.

Este trabajo sigue el mismo camino del presentado por [4] y [5], pero se diferencia principalmente en la forma integral de los cálculos que se realizan y en su facilidad de aplicación, además del uso de las categorías del estándar de metadatos LOM y su posibilidad de utilización en repositorios de OAs. La adaptación se basa en los criterios planteados por Felder sobre las preferencias que tienen los estudiantes de acuerdo a su perfil.

Como se aprecia en la Figura 3 y a pesar de ser una validación preliminar y no exhaustiva, orientada a saber si la propuesta permite seleccionar Objetos de Aprendizaje que se adecuan al perfil del estudiante, en particular a su Estilo de Aprendizaje, los resultados son relativamente favorables y se convierten en una motivación para avanzar en este camino.

Como trabajo futuro se espera poder ampliar la validación con el fin de afinar la propuesta. A la vez construir tablas similares a la Tabla I para otros modelos de estilos de aprendizaje y otros estándares de metadatos de OAs.

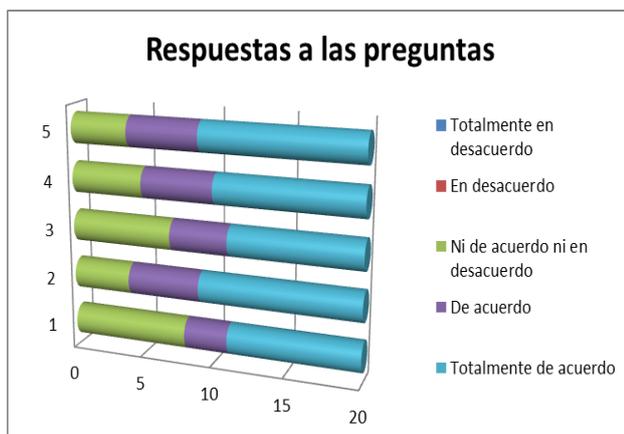


Fig. 3. Gráfico de respuestas acumuladas según cada ítem de la Encuesta

La validación y evaluación más estricta está siendo diseñada y en esa dirección se espera evaluar los resultados obtenidos para los estudiantes en el caso de estudio mediante comparación de pesos otorgados por los mismos estudiantes y los obtenidos con la propuesta.

AGRADECIMIENTOS

El trabajo de investigación presentado en este artículo se enmarca dentro de la “Red Iberoamericana de Apoyo a los Procesos de Enseñanza-Aprendizaje de Competencias Profesionales a través de Entornos Ubicuos y Colaborativos (U-CSCL)”, código 513RT0481, financiada por Cytel. Igualmente en el proyecto de investigación financiado por COLCIENCIAS titulado “RAIM: Implementación de un framework apoyado en tecnologías móviles y de realidad aumentada para entornos educativos ubicuos, adaptativos, accesibles e interactivos para todos”, con contrato 0205-2013.

REFERENCIAS

- [1] M. L. Hubp, “El impacto de los recursos digitales en las bibliotecas,” *Adm. Sist. Inf.*, 2004.
- [2] E. Morales, F. J. García, Á. Barrón, A. J. Berlanga, and C. López, “Propuesta de Evaluación de Objetos de Aprendizaje,” in *II Simposio Pluridisciplinar sobre Diseño, Evaluación y Descripción de Contenidos Educativos*, SPEDECE. 2005., 2005.
- [3] R. McGreal, “A Typology of Learning Object Repositories,” in *Handbook on Information Technologies for Education and Training*, 2008, pp. 5 – 28.
- [4] C. I. Peña, J. Marzo, J. L. De la Rosa, and R. Fabregat, “Un sistema de tutoría inteligente adaptativo considerando estilos de aprendizaje” *Univ. Girona, España*, 2002.
- [5] F. J. Arias, J. Moreno, D. A. Ovalle, “Modelo para la selección de objetos de aprendizaje adaptados a los estilos de los estudiantes,” *Revista Avances en Sistemas e Informática*, Vol. 6, no. 1, pp. 57-67, 2009.
- [6] P. Rodríguez, G. Isaza, and N. Duque, “Búsqueda personalizada en Repositorios de Objetos de Aprendizaje a partir del perfil del estudiante,” *Rev. Av.*, vol. 9, no. 1, pp. 71–81, 2012.
- [7] N. D. Duque and D. A. Ovalle, “Artificial Intelligence Planning Techniques for Adaptive Virtual Course Construction,” *DYNA*, vol. 78, no. 170, pp. 70–78, 2012.
- [8] M. R. Felder, “Matters of Style,” *ASEEE Prism*, vol. 6, no. 4, pp. 18–23, 1996.
- [9] A. Mumford and P. Honey, “Using your Learning Styles,” *Honey, Maidenhead*, 1996.
- [10] D. A. Wiley, “Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy,” vol. 2830, no. 435, pp. 1–35, 2001.
- [11] N. Duque M., “Modelo Adaptativo Multi-Agente para la Planificación y Ejecución de Cursos Virtuales Personalizados - Tesis Doctoral,” *Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín*, 2009.
- [12] R. Vicari, M. Bez, J. Marques, A. Ribeiro, C. Gluz, L. Passerino, E. Santos, T. Primo, L. Rossi, J. C. Gluz, A. Bordignon, P. Behar, R. Filho, and V. Roesler, “Proposta Brasileira de Metadatos para Objetos de Aprendizagem Baseados em Agentes (OBAA),” *Novas Tecnol. na Educ.*, vol. 8, no. 2, 2010.
- [13] V. Tabares, N. Duque M., J. Moreno, D. A. Ovalle, and R. Vicari, “Evaluación de la calidad de metadatos en repositorios digitales de objetos de aprendizaje,” *Revista Interamericana de Bibliotecología.*, vol. 36, no. 3, pp. 183–195, 2013.
- [14] R. Felder and B. Soloman, “Index of Learning Styles,” pp. 1–10, 1994.

Néstor D. Duque Méndez es Profesor Asociado de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Manizales y director del Grupo de Investigación en Ambientes Inteligentes Adaptativos – GAIA. Es PhD en Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín y su tesis titulada “Modelo Adaptativo Multi-Agente para la Planificación y Ejecución de Cursos Virtuales Personalizados” obtuvo mención meritoria. Sus áreas de interés son Inteligencia Artificial, Sistemas de Educación Virtual y Análisis de Datos.

Valentina Tabares Morales es Administradora de Sistemas Informáticos de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Manizales y Magíster en Ingeniería de Sistemas de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín y actualmente estudiante de Doctorado en Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Manizales. Perteneció al Grupo de Investigación en Ambientes Inteligentes Adaptativos – GAIA de la Universidad Nacional de Colombia y sus áreas de interés investigativo son la Informática Educativa e Inteligencia Artificial, entre otras.

Rosa M Vicari es Profesora Titular de la Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Es PhD en Ingeniería Electrónica y Computación de la Universidad de Coimbra y Magíster en Ciencias de la Computación de la Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Tiene experiencia en el área de Ciencias de la Computación, actuando en temas como: Tutores Inteligentes, Sistemas Multiagentes, Sistemas Tutores Inteligentes, Informática en la Educación y Educación a Distancia.

Hacia la Implementación de Indicadores de Relevancia y Reputación en Edu-AREA

Manuel Caeiro Rodríguez, *Senior Member, IEEE*, Melisa Rodríguez Bermúdez, Martín Llamas Nistal, *Senior Member, IEEE* and Juan Manuel Santos Gago, *Member, IEEE*

Title— Towards the implementation of relevance and reputation indicators in Edu-AREA.

Abstract— This paper introduces the first implementation of relevance and reputation rankings in Edu-AREA. This Web 2.0 application promotes users creating, viewing, adopting, adapting and curating elements in an open way, following the principles of the OER movement. A main issue is the management and control of quality. Users can provide elements freely and some mechanism that can estimate or rank their quality is needed. A solution based on usage by other users inspired in the HITS algorithm is adopted. Taking into account the usages of the elements, a relevance measure for each element and a reputation measure for each user are calculated.

Index Terms— HITS, Lesson Plans, Open Educational Resources, Relevance, Reputation.

I. INTRODUCCIÓN

EDU-AREA [1] (<http://www.edu-area.com>) es una iniciativa surgida en el seno de la red de investigación TELGalicia (<http://www.redetelgalicia.com>) a finales del año 2012 con el propósito de promover la innovación docente, principalmente en primaria y secundaria. Para ello, partiendo del contexto tecnológico actual caracterizado por la web 2.0 [2] y las iniciativas sobre Recursos Educativos Abiertos (REA, en inglés OER: *Open Educational Resources*) [3], iniciamos el planteamiento y desarrollo de una aplicación que sirviese a los docentes para preparar su docencia y como guía durante el desarrollo de la misma, promoviendo en todo momento la innovación docente y la mejora dirigida por la investigación [4].

En Edu-AREA se ofrece un espacio en el que los docentes pueden preparar sus cursos combinando Unidades Didácticas, Actividades y Recursos Educativos disponibles en la plataforma, elementos éstos que pueden ser aportados por ellos mismos o por otros usuarios. La aplicación también facilita a los profesores documentar la Experiencia educativa que se produce durante el desarrollo del curso,

Manuel Caeiro Rodríguez is with the Department of Telematic Engineering, EET, University of Vigo. (e-mail: mcaeiro@det.uvigo.es).

Melisa Rodríguez Bermúdez is with the Department of Telematic Engineering, EET, University of Vigo. (e-mail: melisarbermudez@gmail.com).

Martín Llamas Nistal is with the Department of Telematic Engineering, EET, University of Vigo. (e-mail: martin@det.uvigo.es).

Juan Manuel Santos Gago is with the Department of Telematic Engineering, EET, University of Vigo. (e-mail: jsgago@det.uvigo.es).

incorporando evidencias (e.g., vídeos, fotos), observaciones y reflexiones, permitiendo aportar los puntos de vista de los distintos participantes (e.g., profesores).

Las ideas que se están desarrollando en Edu-AREA provienen de la colaboración interdisciplinar de los miembros de la red de investigación TELGalicia, que cuenta con grupos con experiencia en el desarrollo de sistemas tecnológicos para educación y grupos con más experiencia en pedagogía y ciencias de la educación. Muchas de las ideas iniciales de Edu-AREA fueron aportadas por el grupo coordinador de esta red de la Universidad de Vigo en base a su experiencia en el proyecto iTEC (<http://itec.eun.org>). En iTEC se plantea que la innovación docente se debe producir en dos vertientes, la pedagógica y la tecnológica, que necesitan ir de la mano y de acuerdo a las características contextuales del escenario en el que se plantea. Esta idea también está presente en iniciativas como TPACK (<http://www.tpack.org/>). Otra idea central en iTEC es la consideración de recursos educativos más allá de contenidos de aprendizaje, como son herramientas (dispositivos hardware o aplicaciones software), personas invitadas (e.g., padres, expertos), eventos (e.g., conciertos, exposiciones) y localizaciones (e.g., museos). Este tipo de recursos ya forma parte de los ingredientes educativos de muchos profesores, pero hasta el momento su consideración en aplicaciones similares no ha sido explícitamente reconocida. Sobre estas propuestas, en la red TELGalicia se han incorporado otras ideas para configurar la propuesta de Edu-AREA: (i) los REA y el movimiento abierto, fijándonos sobre todo en la necesidad de permitir la copia y la adaptación de los recursos; (ii) el blog de aula, como espacio en el que el profesor cuenta la “historia” de lo que va sucediendo para ser compartida con la comunidad; y (iii) la “curación” de contenidos, que llevan la evolución de la web a un estadio 2.x, en el que los usuarios son creadores de información y también fuentes de significado y organización.

Sobre todas las ideas que guían el diseño funcional y no funcional de Edu-AREA destacan los principios del movimiento abierto en la educación. Atendiendo a la definición de REA establecida por la UNESCO [3], los recursos abiertos no deben ser solamente accesibles para su utilización directa por parte de otros usuarios, sino que también éstos deben tener la posibilidad de modificarlos y combinarlos como deseen. Por ello es importante que los autores de los recursos proporcionen los ficheros fuente de acuerdo a formatos abiertos. Siguiendo estos principios, en Edu-AREA son posibles las siguientes acciones: clonar y combinar, existe la posibilidad de clonación (realización de una copia personal) de todos los elementos y también es

posible su combinación; editar, los elementos propios de un usuario son directamente editables por dicho usuario (los otros usuarios podrían clonarlos y después modificarlos); promover, el sistema promueve que los usuarios aporten los ficheros fuente de los Recursos; gestionar licencias, las licencias Creative Commons asignadas a los elementos se gestionan comprobando que se hace un uso correcto de los mismos de acuerdo a las condiciones de las licencias. En todo momento los usuarios que no quieran utilizar Edu-AREA en estas condiciones tienen la opción de trabajar con sus elementos de forma privada. Así, dichos elementos no serían visibles para otros usuarios, que no podrían llevar a cabo estas acciones.

En este artículo se plantea una propuesta para dar soporte a las funcionalidades de búsqueda y exploración de elementos (a saber: Recursos, Actividades, Unidades Didácticas, Experiencias y Tableros) y usuarios en Edu-AREA. En concreto, se buscan unos indicadores que permitan estimar la calidad de ambos, asignándoles una puntuación específica (*score*) y realizando una ordenación (*ranking*) de las referencias más destacadas sobre un tema de interés. Los indicadores propuestos son relevancia para los elementos y reputación para los usuarios [5]. En la literatura, los conceptos de relevancia y reputación tienen distintas acepciones dependiendo del contexto. Las definiciones en Edu-AREA son:

- **Relevancia:** cualidad o condición de algo sobresaliente, destacado, importante o significativo. Se utiliza de forma equivalente a la “importancia” de las páginas en las búsquedas Web [6]. Esta acepción ya ha sido usada para referirse a la calidad de *learning objects* en [7] y [8].
- **Reputación:** opinión o consideración que se tiene de alguien. En el dominio del comercio electrónico, los sistemas de reputación han sido definidos como sistemas que recopilan, distribuyen y agregan información sobre el comportamiento pasado de los participantes [9][10]. En el caso de Edu-AREA se entiende como reputación al grado de actuación (referencias, modificaciones, clonaciones, etc.) de los usuarios sobre elementos relevantes del propio sistema.

Para el cálculo de estos indicadores se tienen en cuenta las acciones que los usuarios llevan a cabo sobre los distintos elementos educativos disponibles en la plataforma. Esto es, acciones relativas a las distintas formas de modificación o uso de los elementos. Frente a otras propuestas en las que se utilizan técnicas de filtrado colaborativo [11], basadas en contenido según las características intrínsecas de los recursos [12] o de los metadatos [13], se plantea una solución basada en el uso real de los recursos por parte de los usuarios.

El resto del artículo se organiza como sigue. En primer lugar se hace un repaso de trabajos relacionados recientes. A continuación, en la sección III se presentan las características principales de Edu-AREA y las funcionalidades disponibles. Después, en la sección IV se identifican los registros de datos que se guardan en Edu-AREA utilizados para realizar los cálculos de reputación y relevancia, descritos en las secciones siguientes. El artículo termina con una sección de conclusiones y trabajo futuro.

II. TRABAJOS RELACIONADOS

Teniendo en cuenta sus características y funcionalidades, Edu-AREA se sitúa en el dominio de los repositorios y referatorios de recursos de aprendizaje [14]. De forma más específica, dado su carácter web 2.0, presenta una relación clara con sistemas en los que se pueden desarrollar comunidades de usuarios alrededor de recursos docentes, en el que personas que comparten intereses comunes pueden intercambiar información e incluso colaborar. Ejemplos destacados de estos sistemas son Cloudworks [15], Connexions [16] o MERLOT [17]. En estos sistemas pueden encontrarse muestras de la evolución reciente que ha tenido lugar alrededor de la descripción e intercambio de *learning objects* y REA. Ideas como el mantenimiento de espacios personales y el fomento de la colaboración y participación de los usuarios, se pueden encontrar entre los temas principales.

De cara a este artículo, las propuestas que más nos interesan son aquellas en las que se intenta evaluar la calidad de recursos educativos de forma automática [12]. Esta operación se ha convertido en una necesidad debido al crecimiento continuo en el número de recursos disponibles. Por este motivo se han planteado numerosas propuestas para evaluar la calidad, aunque aún no se ha llegado a un consenso sobre la mejor forma de realizar el proceso de evaluación. Hasta cierto punto, esto puede ser debido a la naturaleza heterogénea y con múltiples facetas que presentan los recursos y también a los distintos contextos en los que puede considerarse su utilización [12][18]. En cualquier caso, sí hay consenso en que la evaluación directa por personas es impracticable: supone un esfuerzo enorme, no es fácilmente escalable y depende de las valoraciones casi siempre subjetivas del evaluador. Por ello se han propuesto medidas cuantitativas que se puedan procesar de forma automática, que aunque no tengan la calidad suficiente para reemplazar a las evaluaciones manuales, pueden ofrecer una información a priori útil que se puede complementar con otras aproximaciones.

Existen varias propuestas [19][12][13] en donde se plantean indicadores de calidad en base a las características intrínsecas de los recursos o de sus metadatos. Se tienen en cuenta cuestiones como el número de enlaces, imágenes, tipos de contenidos, etc. También se utilizan como características intrínsecas cuestiones como la modularidad o la granularidad.

Existen otros trabajos en los que se tiene en cuenta el índice de reutilización de *learning objects* [8][7][20][11]. En [7][20] se presentan distintos experimentos en los que se analiza el índice de reutilización de *learning objects* y la posible correlación entre popularidad y reutilización. En concreto se propone (i) estimar la calidad de los metadatos de *learning objects* y (ii) determinar la relevancia de *learning objects* para un usuario y situación particular. En [8] se plantea implementar el índice *LearnRank*, de forma equivalente al bien conocido *PageRank* para búsquedas Web [21][6]. En [11] se hace un estudio exhaustivo de métricas para la ordenación (*ranking*) de *learning objects*. Se analizan adaptaciones del PageRank, Factor de Impacto, SimRank, HITS o RankNet para plantear distintos indicadores de calidad. Una aproximación relevante para medir el uso que se realiza del objeto se basa en la propuesta

de *Contextualized Attention Metadata* (CAM) sobre el registro de las interacciones de los usuarios con dichos objetos [22]. En un trabajo más reciente [23] también se trata la evaluación de recursos educativos en base a la aplicación de análisis sobre acciones de los usuarios, aunque de un modo general.

Todos los indicadores anteriores se centran en la evaluación de la relevancia de objetos o recursos educativos. En nuestro caso no sólo estamos interesados en evaluar esta relevancia, sino también la reputación de los usuarios. En este sentido resulta de interés la propuesta de [24] en la que se propone una adaptación del algoritmo HITS para estimar la relevancia y la reputación de los usuarios en comunidades online, aplicable a servicios como Delicious (<https://delicious.com/>). En este artículo se realiza una adaptación de dicha propuesta al caso de Edu-AREA. En [19] también se encuentra una adaptación de HITS pero en este caso no se tiene en cuenta a los usuarios, sino que se distingue entre unidades didácticas (*hubs*) y recursos (autoridades).

III. EDU-AREA

Edu-AREA es el acrónimo de “EDUCación: Actividades, Recursos y Experiencias Abiertas”. Se trata de una aplicación web que ofrece servicios de búsqueda, exploración y curación de elementos educativos, distinguiendo entre Recursos, Actividades, Unidades Didácticas, Experiencias (cursos) y Tableros. Edu-AREA permite la autoría y edición en línea de Actividades y Unidades Didácticas y la documentación de Experiencias. La documentación de Experiencias supone el registro de evidencias (e.g., fotos, vídeos), observaciones y reflexiones sobre el desarrollo de Unidades Didácticas en una clase.

Los elementos de Edu-AREA se encuentran disponibles en una biblioteca a la que los usuarios pueden aportar nuevos elementos en dos modos: público (visibles para todos, incluso para usuarios no registrados) o privado (sólo visibles para el propio usuario que los crea). Una característica clave en Edu-AREA es la imposibilidad de modificar elementos de otros usuarios, aunque sí se pueden copiar o clonar (pasando la copia a ser propiedad del usuario que la realiza) y modificar dicha copia. Además, de forma automática, se registra la referencia de las copias realizadas. A través de este mecanismo se pretende facilitar el intercambio y la reutilización de los elementos disponibles en la aplicación promoviendo la adopción (copia) y la adaptación (copia y modificación) de acuerdo a principios preestablecidos del movimiento abierto.

A continuación se describen brevemente los principales apartados disponibles en Edu-AREA [1].

A. Recursos

El apartado de Recursos contiene elementos que un usuario puede utilizar durante las sesiones de educación/aprendizaje. Algunas de las características distintivas de Edu-AREA en cuanto a Recursos son: (i) el manejo de varios tipos de Recursos, en concreto documentos, aplicaciones, dispositivos, invitadas y salidas; (ii) su carácter de referatorio antes que repositorio [11]; y (iii) la posibilidad de incluir los ficheros fuente en el caso de recursos de tipo documento (e.g., presentaciones, vídeos, imágenes).

El carácter de referatorio antes que de repositorio proviene de que Edu-AREA no mantiene necesariamente los Recursos como tales, es decir el contenido del Recurso en sí, sino que se dispone de una ficha a modo de reseña de los mismos (se trata de un pequeño registro de metadatos en el que se incluye título, palabras clave, descripción, imagen y autor) y una referencia (URI) a la localización real del Recurso. Sólo en el caso de Recursos de tipo Documento es posible mantener los ficheros relativos al recurso o una referencia (*link* o *snippet code*) al recurso original, aunque también es posible incluir los ficheros fuente. En este caso, el registro de metadatos incluye también una licencia Creative Commons.

B. Actividades

En el apartado de Actividades se presentan fichas de Actividades educativas. Cada ficha se compone de uno o varios campos de texto (principalmente) en los que se describe qué hacer durante una parte concreta dentro del desarrollo de un proceso de educación/aprendizaje. Las Actividades tienen un carácter atómico en la medida en que no se descomponen en varias sub-actividades. También se considera que tienen una duración corta, de parte de una sesión o bien de una o pocas sesiones. Sin embargo, no se establece ninguna restricción significativa sobre las mismas y los usuarios tienen libertad para definir las como deseen.

A la hora de crear una actividad el usuario tiene que elegir una plantilla en la que se incluye una serie de campos o secciones que debieran ser cubiertos durante su especificación. A modo de ejemplo, en estos campos se puede especificar qué se puede conseguir con la actividad, qué se debe tener presente antes de abordarla y los pasos a seguir para desarrollarla. Las Actividades disponen de una sección específica donde se pueden incluir los Recursos que se van a necesitar. Dichos Recursos se pueden incluir como referencias a la biblioteca de Recursos. De esta forma se pueden establecer vínculos de uso de Actividades a Recursos.

C. Unidades Didácticas

Las Unidades Didácticas de Edu-AREA son elementos en los que los profesores pueden planear el conjunto de Actividades a desarrollar durante todo un proceso de educación/aprendizaje para conseguir determinados objetivos educativos. Al igual que en el caso de las Actividades, para la creación de las Unidades Didácticas también existen disponibles una serie de plantillas. Las Unidades Didácticas también disponen de una sección específica en la que se incluyen las Actividades que forman parte de la misma y, al igual que en las Actividades, existe otra para los Recursos. Por tanto se pueden establecer vínculos de uso de Unidades Didácticas a Actividades y Recursos.

D. Experiencias

El elemento Experiencia se ofrece como una extensión de la Unidad Didáctica para que el profesor la documente después de haberla llevado a la práctica con sus alumnos. En concreto, este elemento permite registrar y valorar lo que ha pasado durante el desarrollo de la Unidad Didáctica a través de la aportación de Evidencias, Observaciones y Reflexiones. De esta forma se facilita un mecanismo que

permite la presentación de resultados educativos que puede ser de interés para el propio docente o para otros docentes y usuarios en general, como padres y alumnos (si el docente responsable decide hacerla pública). Se podría considerar como una especie de diario o portafolio para profesores.

E. Tableros

Esta última sección de Edu-AREA permite que cada uno de los usuarios clasifique y organice los elementos (Recursos, Actividades, Unidades Didácticas y Experiencias) según sus intereses y que pueda gestionarlos a modo de categorías. Esta característica ha sido tomada de sitios Web como Pinterest (<https://www.pinterest.com/>) o Scoop.it (<http://www.scoop.it/>).

La inclusión de elementos en los Tableros crea otro tipo de relación de uso que se gestiona a modo de referencia. Un elemento puede ser incluido en un Tablero de un usuario siempre que el elemento sea visible para dicho usuario, sea cual sea su privacidad. Sin embargo, puede ocurrir que tras esa inclusión el usuario propietario del elemento lo modifique y lo convierta en un elemento privado o incluso que lo elimine. En este caso esta situación especial se verá reflejada en el Tablero: se indicará qué elementos han sido eliminados y cuáles han pasado a ser privados y no son accesibles públicamente.

IV. RECOPIACIÓN DE DATOS

Durante el uso de Edu-AREA los usuarios realizan distintas acciones que, como indicamos en los requisitos, se tienen en cuenta en los cálculos de los indicadores relevancia y reputación. En particular, las acciones que pueden llevar a cabo son:

A. Creación

Se refiere a la autoría de un nuevo elemento. En este punto sólo se tiene en cuenta la creación de elementos que se realiza desde cero, sin partir de ningún elemento existente. La importancia de estas aportaciones no se encuentra de forma directa en la autoría, sino en el uso posterior que se pueda hacer del elemento creado. De forma similar, no se puede determinar la contribución a la reputación de un usuario directamente a partir de los elementos que crea. En cualquier caso, los elementos creados por un usuario con una reputación alta podrían tener una relevancia inicial también alta.

B. Visualizaciones

Cada vez que un usuario accede a ver un elemento, dicha acción se registra en el sistema. De esta forma se puede saber cuántas veces ha sido visto un elemento, en qué momentos, por cuántos usuarios diferentes y quiénes son dichos usuarios. Además, si alguno de los usuarios no está acreditado en el sistema, se registra que se ha visualizado como invitado. Las visualizaciones de un elemento aportan información sobre el interés que despierta entre los usuarios.

C. Adopciones

Se refiere a la copia directa de un elemento o a la copia para la utilización de dicho elemento dentro de otro, en ambos casos sin modificación. Por ejemplo: Recursos incluidos en Actividades, Actividades incluidas en Unidades Didácticas, etc.

D. Adaptaciones

Se refiere a la copia y posterior modificación que se hace de un elemento. Se trata por tanto de una evolución de un elemento existente en la que se considera que un usuario quiere realizar una mejora o una adaptación a un nuevo contexto de uso.

E. Curaciones

Se refiere a las acciones que realizan los usuarios con el fin de aportar su visión y valoración personal sobre el elemento. Actualmente las opciones de curación disponibles en Edu-AREA son comentar e incluir en Tableros, pero sólo esta última es la que se tiene en cuenta para el cálculo de los indicadores de relevancia y reputación. En este caso de la inclusión en tableros, por el mero hecho de que un elemento haya sido “curado” ya se puede considerar como un indicio positivo de su calidad. Más adelante se pretende añadir otros tipos de acciones, incluyendo el intercambio y/o comunicación en redes sociales, tan comúnmente utilizadas hoy en día. En este aspecto de mejora de la funcionalidad de curación, las posibles acciones que se lleven a cabo podrán influir de forma positiva o de forma negativa en los indicadores, y deberán por ello ser tratadas de manera más específica.

V. PRE-PROCESAMIENTO DE DATOS

Los datos relacionados con las acciones de los usuarios son recogidos y procesados de forma previa antes de realizar el procesamiento de los cálculos de reputación y relevancia. Se realizan varios procesos que se describen en esta sección.

A la hora de calcular las visualizaciones de un elemento no se tienen en cuenta las visualizaciones realizadas por el propio creador del mismo, ni las múltiples visualizaciones realizadas por un mismo usuario. Aunque esta acción se almacene cada vez que un usuario ve un elemento en el registro de datos de Edu-AREA, para los cálculos de reputación y relevancia sólo se tiene en cuenta el número de usuarios que hayan visto al menos una vez un elemento. Esta limitación también se aplica al resto de acciones: adopciones, adaptaciones y curaciones.

La funcionalidad actual de Edu-AREA sigue una política que facilita y promueve el duplicado (copia) de elementos. Como ya se ha mencionado anteriormente, cualquier usuario puede visualizar los elementos creados por otro cuando dichos elementos sean públicos. Ahora bien, sólo el usuario propietario puede modificar sus propios elementos. Sin embargo, siendo visibles, todo usuario puede crear una copia de un elemento que no es suyo. En el caso de las adopciones y adaptaciones estas copias se hacen de forma automática y sucesiva. Es decir, si se realiza una adaptación de una Unidad Didáctica que contiene ciertas Actividades y éstas a su vez Recursos, se realiza la copia del elemento de más alto nivel de agregación, en este caso la Unidad Didáctica, y copias por cada uno de los elementos que contiene dicha Unidad Didáctica, sean del nivel que sean. Este comportamiento se repite de forma similar para cualquier elemento del sistema que tenga este carácter agregado. Por otra parte las sucesivas copias sin modificación que se realizan de un elemento, esto es, las copias de las copias, son tenidas en cuenta en el elemento original. En otras palabras, en el caso de adopciones

sucesivas, se realiza la aportación de relevancia al elemento original.

En Edu-AREA, los elementos eliminados en realidad no se eliminan, se mantienen en el sistema pero con una marca de eliminado. Estos elementos eliminados no son tenidos en cuenta en los cálculos. Así se puede concluir que los cálculos que se realicen están basados en el estado actual de los elementos y sus relaciones, no del pasado. Además, al igual que en el caso de las visualizaciones, no se tienen en cuenta las adopciones y adaptaciones que un usuario hace de sus propios elementos. De esta forma se busca que los usuarios no realicen acciones en Edu-AREA con el simple objetivo de aumentar su reputación y la relevancia de sus propios elementos.

Por último aprovechamos esta sección para señalar un detalle sobre la política de comunicación de operaciones de usuarios. En Edu-AREA es posible acceder al registro de acciones realizado en cada uno de los elementos, por ejemplo Recursos. A partir de los mismos es posible ver los usuarios concretos que han realizado dichas acciones. Sin embargo es importante destacar que Edu-AREA facilita a los usuarios de la aplicación la capacidad de decidir quién puede ver el registro de sus acciones en el sistema. Los usuarios pueden decidir entre permitir que: (i) cualquiera pueda ver el registro de sus acciones; (ii) que nadie lo pueda ver; o (iii) que únicamente los usuarios registrados puedan verlo. Sin embargo, aunque elijan la opción más restrictiva, esto no afectará a los cálculos que el sistema realiza con sus datos. Únicamente afecta a la hora de mostrar la información específica y detallada.

VI. PROCESAMIENTO DE INDICADORES

En esta sección se presentan propuestas para el cálculo de relevancia de elementos y de reputación de usuarios. Ambos indicadores están relacionados y se calculan de forma iterativa en base a una adaptación del algoritmo HITS [24][25].

A. Adaptación de HITS al Cálculo de Relevancia y Reputación

Para calcular la relevancia de los distintos elementos de Edu-AREA se tiene en cuenta principalmente la utilización que los usuarios hacen de los mismos a través de las operaciones de creación, adopción, adaptación, curación y visualización. Esta propuesta se plantea en base a algoritmos utilizados en el campo de recuperación de la información. En principio barajamos dos de los más conocidos: PageRank y HITS. PageRank calcula la relevancia o importancia de una página de manera global, es decir, independientemente de la consulta que hagamos, mientras que HITS calcula la relevancia teniendo en cuenta la consulta. Esta característica de ser dependiente de la consulta se adapta mejor a nuestros objetivos, ya que tendremos en cuenta las palabras clave que se asocian con cada elemento de Edu-AREA.

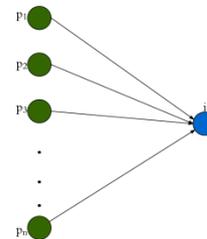
El algoritmo HITS (*Hypertext Induced Topic Search*) clasifica a las páginas en autoridades y punteros (*hubs*), todo ello para una consulta determinada. Así las páginas autoridad son aquellas más relevantes a una consulta determinada y las páginas puntero son aquellas que apuntan a muchas páginas autoridad. Obsérvese que aunque en un principio parece que se buscan las páginas autoridad, es

decir las más relevantes a la búsqueda dada, las realmente interesantes son las páginas puntero, pues apuntan a muchas páginas autoridad. Esta relación de páginas autoridad y páginas puntero es una relación mutuamente ligada. Así, dada una página i , su grado autoridad a_i depende del grado puntero p_j de todas las páginas que le están apuntando (j tal que $j \rightarrow i$). De forma recíproca, el grado puntero p_i de la página i depende a su vez del grado autoridad a_j de las páginas a las que apuntan (j tal que $j \rightarrow i$).

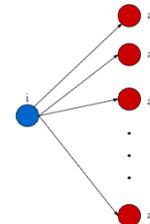
Sin entrar en detalles del cálculo del algoritmo HITS, que no es el objetivo de este artículo (el lector interesado puede encontrar en varias fuentes, como por ejemplo en [26]), queremos indicar en todo caso que primeramente habría que construir un grafo de vecindad para la consulta especificada a partir de una búsqueda clásica de esa consulta. Una vez construido, habría que aplicar el siguiente algoritmo:

1. Inicializamos a_i, p_i ($i=1, \dots, n$) a 1
2. Repetir hasta la convergencia

$$(2.1) \quad a_i = \sum_{j \text{ tal que } j \rightarrow i} p_j$$



$$(2.2) \quad p_i = \sum_{j \text{ tal que } i \rightarrow j} a_j$$



$$(2.3) \quad \sum_i a_i^2 = 1 \quad \sum_i p_i^2 = 1$$

En términos generales habría que calcular para todas las páginas o nodos de este grafo de vecindad los grados autoridad y puntero partiendo de valores iniciales de 1 y aplicando el paso 2 hasta la convergencia. Aunque no se conoce el número exacto de iteraciones, el algoritmo en la práctica converge rápidamente [26].

Considerando en Edu-AREA los elementos como autoridades y a los usuarios como punteros, podemos adaptar HITS teniendo en cuenta las acciones realizadas por el conjunto de los usuarios. Diremos, teniendo en cuenta las definiciones de reputación y relevancia presentadas en la sección I, que un usuario tiene una reputación alta en un determinado tema si ha realizado acciones sobre elementos relevantes en dicho tema. Cuantas más acciones haya hecho

y sobre elementos más relevantes, más reputado será en ese tema. De forma similar un elemento es relevante en un tema en la medida en que ha sido creado, adoptado, adaptado, curado o visualizado por usuarios reputados en dicho tema. Cuántos más usuarios sean y más reputados sean, más relevante será el elemento. Todo ello dentro de un tema determinado, como es también el caso del algoritmo HITS.

En resumen, la relación de enlace entre páginas utilizada en el algoritmo se sustituye por acciones de creación, adopción, adaptación, curación y visualización. A partir de aquí asociamos el grado autoridad con relevancia del recurso ($a=q$) y el grado puntero con la reputación del usuario ($p=r$). Se usa r para la reputación del usuario y q para la relevancia del recurso.

B. Adaptación con Matrices

El cálculo con matrices parte de un vector de reputaciones de los usuarios (R) y de un vector de relevancias de elementos (Q) cuyos valores son inicialmente todos uno. A continuación se calculan las matrices de creaciones (C), de vistas (V), de adaptaciones (Aa), de adopciones (Ao) y de curaciones (T). Estas matrices tienen tantas filas como usuarios y tantas columnas como elementos. Están formadas por ceros y unos, donde cada uno indica que existe relación entre el elemento al que corresponde esa columna con el usuario al que corresponde la fila. De esta forma se obtiene una relación inmediata entre usuarios y elementos. Los pasos a seguir son los siguientes:

1. Se inicializan los vectores a todo unos.
 $R = [R_1; R_2; \dots R_N]$; N =número de usuarios
 $Q = [Q_1; Q_2; \dots Q_M]$; M =número de elementos
2. Se calculan los nuevos vectores
 $R^{(k)} = (C+V+Aa+Ao+T)*Q^{(k-1)}$
 $Q^{(k)} = (C+V+Aa+Ao+T)^t * R^{(k)}$
3. Se normalizan los vectores R y Q .
4. Se repiten los pasos 2 y 3 hasta la convergencia o el número de veces que se considere apropiado.

C. Medida de la Complejidad

La complejidad del algoritmo HITS ha sido estudiada en la literatura [27]. HITS se define como un algoritmo iterativo en el que para cada documento se calcula un valor de autoridad o hub en cada iteración. Por tanto, el análisis de sus requisitos computacionales necesita tener en cuenta el número de iteraciones necesarias para converger en una distancia suficientemente pequeña a un vector de puntuaciones límite (que siempre existe). Es posible distinguir entre un vector de puntuaciones (*score*) y un vector de ordenación (*ranking*). En [27] se indica que la velocidad de convergencia en puntuación está acotada por la diferencia entre los dos autovalores dominantes de la matriz $A^t A$, siendo A la matriz de vecindad. El resultado es que la velocidad de convergencia es a lo sumo polinómica en relación al número de nodos considerados ($O(n^{4+\mu})\lg(n)$), donde $\Theta(n^{2+\mu})$ es la complejidad de la multiplicación de una matriz de rango $n \times n$.

VII. EVALUACIÓN

La evaluación del algoritmo no resulta una tarea fácil ni mucho menos inmediata debido a la necesidad de disponer de un número suficiente y significativo de datos sobre una

temática concreta. Se necesitan usuarios, acciones y tiempo, que proporcionen datos correspondientes a un uso de la plataforma en los términos planteados, con vistas, adopciones, adaptaciones y curaciones realizadas por usuarios auténticos. Estos datos debieran plantearse sobre una temática o categoría concreta, de forma que un grupo de expertos pudiera realizar una valoración de los Elementos con un resultado similar, dependiente de la calidad de los mismos y no de otras consideraciones (e.g. afinidad con la temática). Además, para que estos datos sean significativos, se necesita hacer una recopilación de los mismos a lo largo de un periodo de tiempo lo suficientemente extenso como para que los propios Elementos y los usuarios evolucionen de una manera natural. En el momento de escribir este artículo aún no disponemos de datos suficientes en una categoría concreta para abordar dicha evaluación. Ahora bien, a continuación describimos como estamos aproximando esta tarea.

La recopilación de datos se llevará a cabo en el marco de un curso de formación e innovación educativa dirigido a docentes de la comunidad autónoma de Galicia. En concreto se trata de un curso sobre actividades experimentales en materias del ámbito científico, que van dirigidos principalmente a docentes de educación secundaria. En este curso los profesores aprenden a llevar la ciencia a sus aulas de una manera más entretenida y cercana. Descubren cómo actividades comunes del día a día sirven para explicar ciencia a sus alumnos de forma amena. Tendrán que buscar información, recopilar datos y crear sus propias unidades didácticas, junto con los recursos y las actividades que requieran las mismas. En todo este proceso se pueden ayudar del contenido disponible en <http://www.clickonphysics.es/cms/>.

A través de Edu-AREA los docentes profundizarán en los principios del movimiento abierto en la educación, y más exactamente en los REA. Tendrán que ir creando Elementos en la plataforma, visualizando otros tantos, haciendo las adopciones y adaptaciones que creen necesarias, etc. De esta forma, serán ellos mismos los que con sus acciones irán generando toda la información que el propio algoritmo necesita. En todo este proceso no se les informará sobre esta evaluación, sino que su atención se dirigirá a realizar Elementos de calidad en base a aquello que ellos mismo proporcionen y a los Elementos proporcionados por sus compañeros y profesores.

Con todos los datos generados se pasará al proceso de evaluación propiamente dicho. En primer lugar, se aplicará el algoritmo para obtener una primera clasificación de Elementos y de usuarios, para obtener indicadores de relevancia y reputación, respectivamente. En segundo lugar se dispondrá de la colaboración de varios expertos en ciencia, no todos ellos en el mismo campo, que permitirán la validación de los resultados. Estos expertos accederán al sistema, analizarán los Elementos, y harán sus propios *rankings* de relevancia y reputación.

Para que la evaluación sea un poco más completa se tendrá en cuenta el tipo de Elemento. Así, cada experto deberá realizar tantas clasificaciones como tipos de elemento existen, a excepción de las Experiencias que no habrá en el sistema o habrá muy pocas, y una clasificación a mayores de carácter global. Es decir, cada uno de los

expertos realizará clasificaciones para Recursos, Actividades, Unidades Didácticas y Tableros, otra de carácter general teniendo en cuenta todos los Elementos y una última solamente de usuarios, también de carácter general. Del mismo modo se aplicará el algoritmo implementado de forma general y teniendo en cuenta el tipo de elemento, obteniendo el mismo número y tipo de clasificaciones que los expertos.

Finalmente, con las clasificaciones propias del sistema y con las clasificaciones realizadas por los expertos, se valorará el grado de coincidencia existente entre los distintos *rankings*. Así, se podrán sacar conclusiones del funcionamiento, acertado o no, del algoritmo.

Es evidente que dicha evaluación se trata de la primera iteración de una evaluación más en profundidad en la que se tendrán en cuenta, por ejemplo, aspectos como el “arranque en frío”, las relaciones entre los distintos tipos de elemento o las distintas aportaciones desde el punto de vista del creador original del elemento o del propietario del mismo.

VIII. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En este artículo se ha presentado una propuesta de cálculo automático de relevancia y reputación en una aplicación web 2.0 de intercambio y manejo de elementos educativos (Edu-AREA). Se trata de una funcionalidad común a otros sistemas de repositorios o referatorios de objetos de aprendizaje, en los que también es necesario disponer de estos indicadores para ofrecer recomendaciones, búsquedas y facilitar la exploración. En cualquier caso, las funcionalidades y características de Edu-AREA nos han llevado a considerar una solución específica basada en el algoritmo de recuperación de información HITS.

Como trabajo futuro estamos planificando una nueva evaluación estudiando otros trabajos en el campo de reputación, como por ejemplo [28], para completarla y enriquecerla. Igualmente estamos estudiando la posibilidad de conectar esta propuesta dentro de Edu-AREA con otras herramientas como [29][30] para, por una parte, obtener información de los usuarios de estas herramientas para el cálculo de la relevancia y reputación, y por otra parte poder ofrecer en las herramientas recursos de Edu-AREA, con su relevancia y reputación.

Como trabajo a más largo plazo estamos considerando la posibilidad de expandir la representación de recursos a partir de etiquetas con algoritmos de visualización del estilo de [31] y la introducción de aspectos específicos de calidad a la hora de clasificar los recursos [32]. Todo ello sin perder la perspectiva general de futuro de la propia herramienta Edu-AREA: en primer lugar ahondar la línea emprendida de folksonomías [33] y en segundo lugar añadir funcionalidades de modelado educativo [34][35].

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación está siendo financiada por el Gobierno de Galicia bajo el proyecto R2014/029 “Research Networks: TELGalicia”, por el Ministerio Español de Ciencia e Innovación bajo el proyecto “Metodologías, Arquitecturas y Estándares para e-learning adaptativo y accesible (Adapt2Learn)” (TIN2010-21735-C02-01), por la Red 513RT0471 del CYTED, RIURE: Red Iberoamericana para la Usabilidad de Recursos Educativos (www.riure.net) y por

el Fondo Europeo para el Desarrollo Regional y el Gobierno Regional de Galicia bajo el proyecto GRC2013-006.

REFERENCIAS

- [1] Caeiro-Rodríguez, M., Perez-Rodríguez, R., García-Alonso, J., Manso-Vazquez, M., Llamas-Nistal, M., *AREA: A social curation platform for open educational resources and lesson plans*. Proc. of the 43rd Annual Frontiers in Education (FIE) Conference (Oklahoma, Oct 23-26, 2013). DOI=10.1109/FIE.2013.6684935
- [2] O'Reilly, T. *What is Web 2.0*. O'Reilly Media. 2009.
- [3] UNESCO. *Preamble of 2012 World Open Educational Resources (OER) Congress* (Paris, June 20-22, 2012).
- [4] Laurillard, D. The teacher as action researcher: Using technology to capture pedagogic form. *Studies in Higher Education*, 33(2), 139-154, 2008.
- [5] Caeiro-Rodríguez, Manuel, Llamas-Nistal, Martín, Santos-Gago, Juan M. *Towards the recognition of relevance and reputation in Edu-AREA*. Interaccion'14, Sep 10-12, 2014, Puerto de la Cruz, Tenerife, España.
- [6] Page, L., Brin, S., Motwani, R., & Winograd, T. *The PageRank citation ranking: Bringing order to the web*. (pp. 1-17). Stanford InfoLab, 1999.
- [7] Ochoa, X., *Learnometrics: Metrics for Learning Objects*. Tesis Doctoral, 2007.
- [8] Duval, E. *LearnRank: Towards a real quality measure for learning*. In *Handbook on quality and standardisation in E-learning* (pp. 457-463). Springer, 2006.
- [9] Resnick, P., Zeckhauser, R., Friedman, E., & Kuwabara, K. Reputation Systems. *Communications of the ACM*, 43(12), 45-48, 2000.
- [10] Jösaang, A., Ismail, R., & Boyd, C. A survey of trust and reputation systems for online service provision. *Decision Support Systems*, 43(2), 618-644, 2007. doi:10.1016/j.dss.2005.05.019
- [11] Ochoa, X., & Duval, E. Relevance Ranking Metrics for Learning Objects. *IEEE Transactions on Learning Technologies (TLT)*, 1(1), 34-48, 2008.
- [12] Cechinel, C., Sánchez-Alonso, S., García-Barriocanal, E. Statistical profiles of highly-rated learning objects. *Computers & Education*, 57(1), 1255-1269, 2011. DOI=10.1016/j.compedu.2011.01.012
- [13] Pons, D., Hilera, J. R., Fernandez, L., & Pages, C. Managing the quality of e-learning resources in repositories. *Computer Applications in Engineering Education*, 2015. doi:10.1002/cae.21619
- [14] Hart, J., Albrecht, B., *Instructional repositories and referatories*. *Research Bulletin*, EDUCAUSE Center for Applied Research, 2004.
- [15] Conole, G., Culver, J., The design of Cloudworks: Applying social networking practice to foster the exchange of learning and teaching ideas and designs. *Computers & Education*, 54(3), 679-692, 2010. DOI=10.1016/j.compedu.2009.09.013
- [16] Ochoa, X., *Connexions: A Social and Successful Anomaly among Learning Object Repositories*. *Journal of Emerging Technologies in Web Intelligence*, 2(1), 11-22, 2010. DOI=10.4304/jetwi.2.1.
- [17] Malloy, T. E., Hanley, G. L., MERLOT: a faculty-focused Web site of educational resources. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 33(2), 274-6, 2001.
- [18] Vuorikari, R., Manouselis, N., Duval, E., *Using Metadata for Storing, Sharing and Reusing Evaluations for Social Recommendations: the Case of Learning Resources*. Social Information Retrieval Systems: Emerging Technologies and Applications for Searching the Web Effectively, pp. 1-18. Hershey, PA: Idea Group Publishing, 2008.
- [19] Sanz-Rodríguez, J. Dodero, J. M., Sánchez Alonso, S., Metrics-based evaluation of learning object reusability. *Software Quality Journal*, 19, 121-140, 2010.
- [20] Ochoa, X., *Learnometrics: Metrics for Learning Objects Categories and Subject Descriptors*. Proceedings of the 1st International Conference on Learning Analytics and Knowledge (Canada, Feb. 27 - March 01, 2011). ACM New York, NY, USA.
- [21] Brin, S., Page, L., The anatomy of a large-scale hypertextual Web search engine. *Computer Networks and ISDN Systems*, 30(1-7), 107-117, 1998. DOI=10.1016/S0169-7552(98)00110-X
- [22] Najjar, J., Duval, E., & Wolpers, M., Attention metadata: Collection and management. In WWW2006 workshop on logging traces of web activity: the mechanics of data collection, Edinburgh, Scotland, May 23, 2006.
- [23] Taibi, D., Fulantelli, G., Dietze, S., Fetahu, B., *Evaluating Relevance of Educational Resources of Social and Semantic Web*. Scaling up Learning for Sustained Impact, 637-638, 2013. Springer.

- [24] Yeung, C. M. A., Noll, M. G., Meinel, C., Gibbins, N., & Shadbolt, N., Measuring expertise in online communities. *IEEE Intelligent Systems*, 26, 26–32, 2011. doi:10.1109/MIS.2011.18
- [25] Kleinberg, J. M., Authoritative sources in a hyperlinked environment. *Journal of the ACM*, 46(5), 604–632, 1999.
- [26] Henzinger, M.R., Hyperlink analysis for the Web. *IEEE Internet Computing*, 5(1), 45–50, 2001. DOI=10.1109/4236.895141
- [27] Peserico, E., & Preto, L., HITS can converge slowly, but not too slowly, in score and rank. *Lecture Notes in Computer Science (including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 5609 LNCS, 348–357, 2009. doi:10.1007/978-3-642-02882-3_35
- [28] Sabater, J., Sierra, C., *Reputation and social network analysis in multi-agent systems*. Proceedings of the first international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems: part 1. ACM, New York, NY, USA, 475–482, 2002. DOI=http://doi.acm.org/10.1145/544741.544854
- [29] Mikic-Fonte, F.A.; Burguillos, J.C.; Llamas-Nistal, M., An intelligent tutoring module controlled by BDI agents for an e-learning platform. *Expert Systems with Applications*, 39(8):7546–7554, 2012.
- [30] Martín Llamas-Nistal, Manuel J. Fernández-Iglesias, Juan González-Tato, Fernando A. Mikic-Fonte, Blended e-assessment: Migrating classical exams to the digital world. *Computers & Education*, 62, March 2013, Pages 72–87. ISSN 0360-1315, http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2012.10.021.
- [31] Sanchez-Zamora, F., Llamas-Nistal, M., *Visualizing tags as a network of relatedness*. Proc. of the 39rd Annual Frontiers in Education (FIE) Conference (San Antonio, Texas, Oct. 18-21, 2009). IEEE.
- [32] Vagarinho, J.P., Llamas-Nistal, M., *Quality in e-learning processes: State of art*. International Symposium on Computers in Education (Andorra, Oct 29-31, 2012).
- [33] Caeiro, M., Santos, J.M., Llamas, M., Lama, M., *Towards a Folksonomy Solution to Support Open Educational Activities and Resources in Edu-AREA*. Global Engineering Education Conference (Turkey, April 3-5, 2014). IEEE.
- [34] Caeiro-Rodríguez, Manuel, Llamas-Nistal, Martín, Anido-Rifón, L., *The PoEML proposal to model services in educational modeling languages*. Groupware: Design, Implementation, and Use, 87–202, Springer Berlin Heidelberg, 2006.
- [35] Caeiro-Rodríguez, M., Llamas-Nistal, M., Anido-Rifón, L., Towards a benchmark for the evaluation of LD expressiveness and suitability. *Journal of Interactive Media in Education*, 2005(1), 2005.

Manuel Caeiro (SM'10) es Ingeniero de Telecomunicación (1999) y Doctor Ingeniero de Telecomunicación (2007) por la Universidad de Vigo. Actualmente es Profesor Contratado Doctor en el Departamento de Ingeniería Telemática de la Universidad de Vigo, impartiendo asignaturas relacionadas con la ingeniería del software y la programación de ordenadores. Su interés investigador se centra en la aplicación de las TIC a la educación, en especial en el marco de los lenguajes de modelado educativo. Manuel es miembro del capítulo español de la Sociedad de Educación del IEEE con el que colabora activamente en la realización de publicaciones y eventos. (e-mail: mcaeiro@det.uvigo.es)

Melisa Rodríguez Bermúdez es Ingeniera de Telecomunicación (2014) por la Universidad de Vigo. Actualmente está contratada como investigadora en el Departamento de Ingeniería Telemática de la Universidad de Vigo. (e-mail: melisarbermudez@gmail.com)

Martín Llamas Nistal (M'92–SM'06) es Ingeniero y Doctor Ingeniero de Telecomunicación por la Universidad Politécnica de Madrid, España (1986 y 1994 respectivamente). Es autor o coautor de más de 200 artículos en revistas internacionales y conferencias internacionales. Ha dirigido varios proyectos de investigación tanto a nivel nacional como internacional en los campos de telemática y aprendizaje electrónico. Es coordinador de la red RIURE del CYTED (riure.net) y Vicepresidente de Publicaciones de la Sociedad de Educación del IEEE. (e-mail: martin@det.uvigo.es)

Juan M. Santos Gago es Ingeniero de Telecomunicación (1998) y Doctor Ingeniero de Telecomunicación (2008) por la Universidad de Vigo. Actualmente es Profesor Contratado Doctor, del Departamento de Ingeniería Telemática de dicha universidad, donde imparte docencia en asignaturas relacionadas con la arquitectura y programación de ordenadores y la inteligencia artificial. Ha participado en numerosos proyectos de I+D+i nacionales e internacionales, fundamentalmente en el ámbito del e-learning. Sus líneas de investigación principales se centran la estandarización y en el uso de las tecnologías semánticas en el ámbito del e-learning. (e-mail: jsgago@det.uvigo.es)

Selección y Uso de Mecanismos de Búsqueda en Repositorios de Objetos de Aprendizaje: el Caso de Organic.Edunet

D. Martín-Moncunill, P.A. Gaona-García, E. García-Barriocanal, S. Sánchez-Alonso

Title— Selection and use of search mechanisms in Learning Objects Repositories: the case of Organic.Edunet.

Abstract— Difficulties in finding learning objects (LO) in LO Repositories (LORs) are one of the main barriers which avoid LORs to be globally adopted. During Organic.Edunet European research project different search interfaces were developed with the intention of facilitating the location of LOs, considering users would tend to use different interfaces, according to the objectives and specific search context. This paper resumes the results of a usability study carried out in Organic.Edunet portal where users were asked to complete different search tasks that were clearly oriented to the use of one of the existing interfaces and provides a snapshot about how this knowledge was transferred to Organic.Lingua project.

Index Terms— usability, learning objects repositories, visualization, search interfaces, Organic.Edunet, Organic.Lingua.

I. INTRODUCCIÓN

SIEN lugar a dudas, uno de los principales puntos a tener en cuenta, sino el primero, al hablar de la usabilidad de un objeto educativo, es que los usuarios interesados en el mismo sean capaces de encontrarlo. Es evidente que si estos no son capaces de acceder al mismo para “usarlo” carece de sentido hablar sobre su usabilidad.

En este sentido, la elaboración de interfaces que permitan la localización, identificación y contextualización del objeto juegan un papel esencial. Así, los repositorios de objetos educativos (LORs – “*Learning Objects Repositories*”) deben proporcionar interfaces que faciliten localizar objetos educativos y a su vez permitan que el usuario identifique fácil, rápida e inequívocamente aquellos que le interesan, dando la posibilidad de contextualizarlos, esto es; relacionarlos con otros objetos educativos que puedan resultar de interés debido a sus características.

D. Martín-Moncunill is with the Computer Science Department of the University of Alcalá. Edificio Politécnico, Campus Universitario, Ctra. Barcelona Km 33.6, 28871, Alcalá de Henares Madrid, Spain. (corresponding author - phone: (0034)918856645; fax: (0034)918856646; e-mail: david.mm@ieee.org / d.martin@uah.es).

P.A.G. García., is with Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia. (e-mail: pagaonag@udistrital.edu.co).

E. García-Barriocanal., is with the Computer Science Department of the University of Alcalá, Spain (e-mail: elena.garciab@uah.es)

S. Sánchez-Alonso., is with the Computer Science Department of the University of Alcalá, Spain (e-mail: salvador.sanchez@uah.es)

El empleo de los sistemas de organización del conocimiento KOS y la información semántica supone una gran ayuda de cara a la clasificación, organización y por tanto localización de documentación científica [1]. En el campo de las tecnologías de la información se viene realizando desde hace años un importante esfuerzo para explotar las posibilidades en el uso de taxonomías, ontologías y demás sistemas de organización del conocimiento en campos como la biomedicina [2], la educación [3] o la gestión de información [4], entre otros.

La investigación relativa al desarrollo de interfaces visuales que plasmen las relaciones y propiedades que se establecen en estos sistemas de organización del conocimiento es igualmente de largo recorrido [5] y enfatiza en permitir navegar de forma dinámica a través de las mismas y servir de soporte para localizar recursos, facilitando entre otras cosas, mostrar claramente su contexto.

Existen desarrollos muy recientes en esta línea como [6], los cuales implementan una interfaz visual para navegar sobre una base de datos de anotaciones y predicciones sobre las reacciones entre proteínas relacionadas con información sobre enfermedades y resultados clínicos.

Merčun y Žumer analizan la visualización de recursos FRBR (“*Functional Requirements for Bibliographic Records*”) en sus trabajos [7]-[8], proponiendo recientemente un prototipo de interfaz denominada “FrbrVis” para presentar recursos bibliográficos de este tipo, empleando estructuras de visualización jerarquizadas [9]. Los principios para la visualización de taxonomías en forma de árbol, como la empleada en el proyecto Organic.Edunet fueron resumidos por Graham, M., y otros [10].

A día de hoy, el uso de este tipo de interfaces, más allá de las propuestas teóricas, no parece estar extendido entre el público general [11] contradiciendo lo que a priori parece un enfoque acertado y útil. Esto lleva a preguntarse si realmente este tipo de interfaces carecen de utilidad real o si esta es limitada frente a las clásicas interfaces textuales; o si, por el contrario, esta utilidad existe y se debería seguir trabajando en el desarrollo de las mismas, contextualizándolas adecuadamente.

Entre los objetivos del proyecto europeo de investigación Organic.Edunet, un LOR centrado en la agricultura ecológica; se encontraba la investigación sobre interfaces de búsqueda innovadoras, incluyendo aquellas que sacaran mayor provecho a la información semántica y los sistemas de organización del conocimiento (KOS – “*Knowledge*”).

Organization Systems”) que se emplearon en el proyecto [12].

Siguiendo este objetivo y las recomendaciones de los revisores de la Comisión Europea, se implementaron distintas interfaces de búsqueda con la intención de facilitar la localización de sus recursos; considerando que atendiendo a los objetivos y contexto específico de la búsqueda, sería más conveniente para los usuarios emplear una de ellas sobre el resto. Sin embargo, el número de interfaces de búsqueda existentes en el portal, a las que se accedía a través de un menú principal, acabó constituyendo un problema de usabilidad en sí mismo, puesto que los usuarios no eran capaces de percibir qué interfaz les sería más útil para realizar búsquedas [13].

El presente estudio final de usabilidad llevado a cabo en el portal de Organic.Edunet, además de permitir detectar un gran número de problemas de usabilidad específicos para cada interfaz, posibilitó indagar sobre la causa del desuso de estas interfaces y el proceso de decisión de los usuarios para elegir un tipo de interfaz sobre otra en sus búsquedas. El presente artículo se centra en mostrar las conclusiones extraídas en cuanto al segundo y proporcionar una perspectiva de cómo se plasmó la transferencia del conocimiento adquirido en el proyecto Organic.Lingua.

II. MATERIALES Y MÉTODO

El proyecto “Organic.Edunet” se desarrolló entre los años 2009-2011 en el marco del programa eContentplus de la Comisión Europea, buscando la creación de un portal multilingüe que pusiera a disposición de los usuarios miles de recursos digitales orientados a la educación sobre agricultura ecológica y agroecología [14]. A este proyecto le sucedió “Organic.Lingua” [15] (2011-2014), el cuál buscaba la mejora del portal de “Organic.Edunet” mediante la implementación de funcionalidades que facilitarían el multilingüismo.

La experiencia adquirida que se obtuvo del estudio de usabilidad del proyecto “Organic.Edunet” se empleó para la transformación del portal llevada a cabo en el marco del proyecto “Organic.Lingua”, permitiendo contrastar las suposiciones realizadas.

El portal de Organic.Edunet ofrecía al usuario distintas interfaces de búsqueda, entendiendo que este emplearía una u otra en razón al tipo de búsqueda que deseara realizar, a saber:

- “Búsqueda por palabras”: Interfaz de búsqueda textual por palabras, que daba opción a filtros y mecanismos de ordenación de resultados. Se esperaba que los usuarios emplearan este tipo de búsqueda cuando deseaban obtener resultados que contuvieran una serie de palabras clave. [16]

- “Búsqueda inteligente”: Interfaz visual que se desplegaba en forma de árbol y permitía navegar a través de la ontología de agricultura ecológica y agroecología desarrollada durante el proyecto [12] y realizar búsquedas de recursos educativos dentro del portal relacionando sus términos. Se esperaba que los usuarios emplearan esta interfaz cuando desearan realizar búsquedas semánticas, aprovechando el esquema de conocimiento desarrollado en el proyecto [5] [17]. Se muestra en la Figura 1.

- “Búsquedas por categorías”: Existían varias interfaces que facilitaban la búsqueda por categorías [16] [18]. La

interfaz “Explorar” mostraba resultados en formato directorio categorizados por idioma, rango de edad al que está destinado el recurso o tipo de recurso. “Escenarios Educativos”, “Para Colegios”, “Educación Vocacional” y por “Competencias”, proporcionan resultados sobre el perfil seleccionado, con una interfaz de búsqueda textual apoyada en iconos y “*comboboxes*” para poder acotarlos. Se esperaba que los usuarios emplearan esta interfaz cuando deseaban localizar recursos navegando por categorías o directorios [18].

- “Nube de Conceptos” y “Etiquetas”: Interfaces que mostraban una nube de conceptos 3D y una lista de etiquetas con los términos más buscados que permitía recuperar los recursos asociados a cada una de ellas. Se esperaba que los usuarios emplearan esta interfaz cuando deseaban localizar recursos relacionados con una “etiqueta” o concepto específico, entendiéndose que los conceptos que aparecían en estas interfaces, estaban destacados por su relevancia en el portal, atendiendo a lo descrito por Godwin-Jones [19].

Las tareas no forzaban estrictamente la elección de una interfaz de búsqueda determinada, pero para cada tarea de búsqueda existían una o varias interfaces que se consideraba resultaban más adecuadas. Así, los usuarios podrían completar la tarea empleando otras interfaces, pero igualmente se esperaba que estos tuvieran que invertir más tiempo o/y cometer más errores.

A modo de ejemplo, un usuario ante la tarea “Localice un recurso relacionado con la elaboración de productos lácteos”, podía acudir directamente a la búsqueda por palabras e insertar un texto del tipo “elaboración productos lácteos”. En este caso se mostrarían recursos que contuvieran una o varias de las palabras que insertó el usuario, pero no se podría asegurar que los recursos mostrados estuvieran directamente relacionados con la elaboración de productos lácteos. Sin embargo, acudiendo a la búsqueda semántica o localizando el concepto “elaboración de productos lácteos”, se podría tener la seguridad de que todos los recursos mostrados estaban relacionados con ese tema.

Para cada tarea, los usuarios eran libres de elegir qué interfaz emplear en función de lo que consideraran más apropiado. Se idearon un total de 10 tareas. La Tabla I

Semantic Search

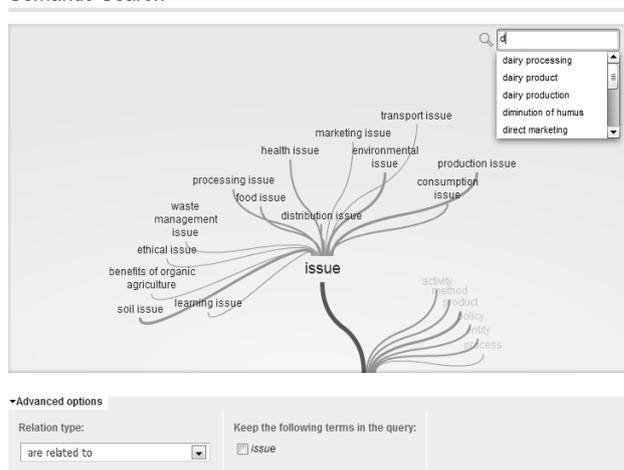


Fig. 1. La interfaz “búsqueda inteligente”, la cual hace uso de información semántica.

muestra, a modo de ejemplo, aquellas que podían ser resueltas de forma eficiente empleando la búsqueda semántica.

Los usuarios intentaban completar las tareas siguiendo el protocolo "Thinking Aloud" (TAP) [20], tanto las acciones del usuario con el sistema como sus gestos faciales y comentarios quedaron registrados en vídeo para su posterior análisis. Igualmente, con el fin de obtener un mayor número de información cualitativa los usuarios también participaron en entrevistas, grupos de trabajo, revisión de las sesiones y rellenaron cuestionarios de satisfacción.

El perfil general de usuario fue de titulado superior o estudiante de este nivel. Se establecieron cuatro grupos de usuarios en relación a si se consideraban o no experimentados en el empleo de interfaces de búsqueda y en la temática del portal. Para tratar de garantizar la correcta selección de usuarios, se solicitó a cada uno de ellos que rellenara un cuestionario, seguido de una entrevista, donde además se reflejaba la experiencia docente. El número de usuarios seleccionados fue de 13, un número suficiente [21] [22] para poder extraer datos relevantes en este tipo de estudios.

Para cada tarea se observaron 5 variables:

- Número de errores cometidos, incluyen todo tipo de acciones incorrectas de selección, errores de omisión, etc. Se corresponde con la columna "ERR" en la Tabla II.
- Tiempo empleado para la realización de la tarea. Se corresponde con la columna "TIME" en la Tabla II.
- Si el usuario necesitó ayuda. Se corresponde con la columna "A" en la Tabla II.
- Si el usuario acabó la tarea con éxito. Se corresponde con la columna "E" en la Tabla II.
- Las interfaces de búsqueda que el usuario empleó: PA(labras), EX(plorar), SE(mántica), ET(iquetas), NU(be de Conceptos) y OTR(os - escenarios educativos). La "X" indica que el usuario intentó emplear esa interfaz, cuando esta se encuentra en negrita y subrayado, significa que esa fue la interfaz con la que se alcanzó el éxito en la tarea.

Continuando con el ejemplo de la Tabla I, la Tabla II muestra los resultados para la tarea C. Las Figuras 2 y 3 muestran gráficamente los resultados de la Tabla II. Para cada tarea se analizaron en profundidad tanto los datos cuantitativos como las opiniones vertidas por los usuarios durante la sesión TAP.

Al terminar la sesión TAP se solicitó a cada uno de los usuarios que rellenara un cuestionario de satisfacción sobre las interfaces. Por último seis de los mismos fueron seleccionados para participar en un grupo de enfoque donde se indagó sobre los resultados obtenidos.

Las Figuras 2 y 3 muestran gráficamente los resultados de la Tabla 2. Para cada tarea se analizaron en profundidad tanto los datos cuantitativos como las opiniones vertidas por los usuarios durante la sesión TAP.

III. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE USO DE LAS INTERFACES

Nuestro trabajo se centró en analizar cómo orientaron sus búsquedas los sujetos del estudio, si se adecuaban a lo que teóricamente correspondía a la opción óptima y cuáles

fueron las interfaces que los usuarios intentaron emplear sin éxito.

La Figura 4 muestra en cuantas ocasiones se intentó emplear una interfaz para completar una tarea y su tasa de éxito.

TABLA I
LISTA DE TAREAS DEL ESTUDIO DE USABILIDAD DE ORGANIC.EDUNET RELACIONADAS CON LA BÚSQUDA SEMÁNTICA

Tarea	Métodos Adecuados
(C) Accede a un recurso relacionado con el proceso de elaboración de productos lácteos en cualquier idioma.	Localizar el concepto "elaboración de productos lácteos" en la "Búsqueda Semántica". También puede ser completada con la "Búsqueda por Palabras" pero el usuario debe comprobar que esa es la temática, no que simplemente aparezcan las palabras.
(E) ¿Cuántos recursos podrías asegurar que tratan sobre la elaboración de productos lácteos?	La "Búsqueda Semántica" es la única que puede garantizar esta relación.
(H) El tema del impacto ambiental es muy tratado en la web de Organic.Edunet. Averigua cuantos recursos hay al respecto en todos los idiomas.	El término se puede localizar directamente en la "Nube de Conceptos". También se puede completar empleando la "Búsqueda Semántica" dado que "impacto ambiental" es un término de la ontología de Organic.Edunet.

TABLA II
RESULTADOS GLOBALES PARA LA TAREA C. LA COLUMNA "U#" SE REFIERE AL IDENTIFICADOR QUE SE LE ASIGNÓ A CADA USUARIO

#U	Tarea C									
	ERR	TIME	PA	EX	SE	ET	NU	OT	A	E
1	7	5'07"	X	<u>X</u>	-	-	-	X	N	S
2	4	1'54"	-	-	-	-	<u>X</u>	-	N	S
3	2	1'41"	X	-	-	X	-	-	N	N
4	5	3'41"	-	-	<u>X</u>	-	-	-	S	S
5	10	5'37"	X	X	X	-	-	-	N	N
6	10	6'18"	X	-	X	-	X	-	N	N
7	1	2'05"	<u>X</u>	-	-	-	-	-	N	S
8	5	3'59"	X	X	<u>X</u>	X	-	-	N	S
9	6	5'58"	X	-	<u>X</u>	X	-	-	S	S
10	5	3'21"	X	-	-	-	-	-	N	S
11	4	2'30"	-	-	<u>X</u>	-	-	-	N	S
12	5	3'24"	<u>X</u>	-	-	-	X	-	N	S
13	5	3'21"	-	-	<u>X</u>	-	-	-	S	S

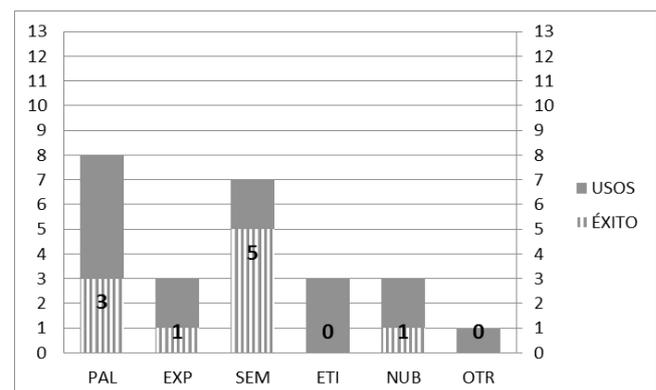


Fig. 2. Tasa de éxito para cada interfaz de búsqueda en la tarea C.

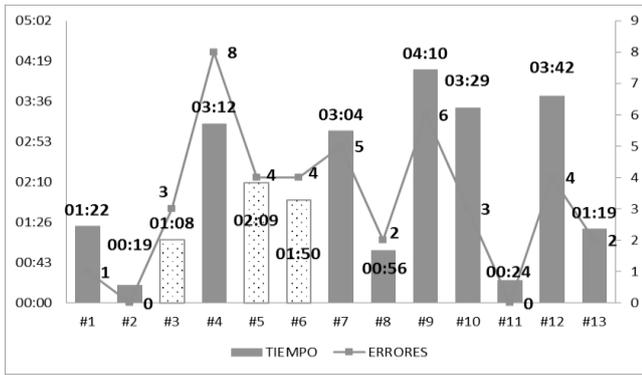


Fig. 3. Tiempos y errores en la tarea C para cada usuario (las columnas con relleno punteado indican que la tarea no se completó satisfactoriamente).

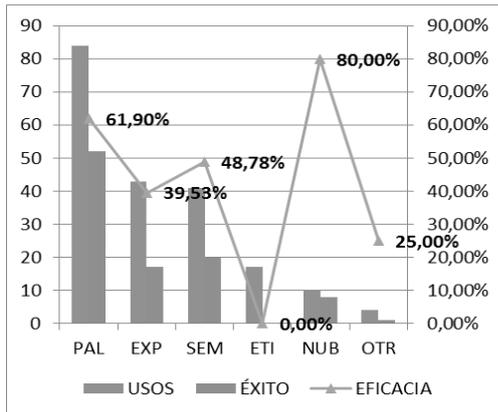


Fig. 4. Tiempos y errores en la tarea C para cada usuario (las columnas con relleno punteado indican que la tarea no se completó satisfactoriamente).

En la Figura 4 se puede observar como el empleo de la “Búsqueda por palabras” prácticamente duplica a la siguiente más empleada (“Explorar”).

Por otro lado, el análisis de los resultados de uso por tareas, evidenció que hubo siempre al menos un tercio de los usuarios que intentaron emplear la búsqueda por palabras. Si bien los resultados de eficacia pueden parecer adecuados, se debe tener en cuenta que realmente solo 4 de las 10 tareas se podían realizar de manera conveniente mediante esta interfaz. Así los resultados obtenidos se deben a que:

a) varios usuarios lograron completar las tareas mediante este tipo de búsqueda, pero con una eficiencia mucho menor, esto es, empleando más tiempo y cometiendo más errores, tal como se había previsto durante el diseño del experimento.

b) las tareas en las que se consideró la “búsqueda por palabras” como óptima o adecuada tuvieron una tasa de éxito prácticamente total.

En este sentido conviene fijarse en el número de usuarios que tuvieron claro qué método de búsqueda emplear y no acertaron de manera casual. La Tabla III muestra el número de usuarios que lograron acertar empleando solo una interfaz y dentro de estos, aquellos que lo realizaron empleando un método de búsqueda que estaba considerado como adecuado.

Se puede apreciar claramente que el número de usuarios que aparentemente tenían claro qué interfaz de búsqueda emplear desde el primer momento y tuvieron éxito empleando una interfaz considerada como adecuada es muy reducido. Adicionalmente, las tareas con mejores resultados (tareas A, D, F y G) consideraban la “búsqueda por

palabras” como una de las formas adecuadas para completar la tarea satisfactoriamente. Por otro lado, los peores resultados (tareas H y E) tenían como interfaz óptima la “búsqueda semántica”.

La Tabla IV muestra los resultados de eficacia para cada interfaz, así como la eficacia global.

Existieron alrededor de un 30% de casos en los que los usuarios consideraron haber completado la tarea correctamente a pesar de no hacerlo. El análisis pormenorizado de los resultados refleja cómo en la mayor parte de los casos los usuarios “deambulan” de un método de búsqueda a otro hasta que (a) consiguen (o creen que han conseguido) completar la tarea, o bien (b) se frustran y desisten. Durante las pruebas, los usuarios dedicaron una elevada cantidad de tiempo e intentos a completar las tareas.

Es frecuente que en las pruebas de usabilidad los usuarios se esfuercen en completar las tareas atendiendo a la “petición” que se les formula [22], pero en una situación real, probablemente ya habrían desistido. Al finalizar la sesión se indagó sobre este hecho mediante, arrojando los siguientes resultados:

- Todos los usuarios respondieron que habían dedicado considerablemente más tiempo y esfuerzo que el que habrían dedicado en una situación real.
- Ocho de ellos afirmaron que ni se habrían interesado en probar otras interfaces que no fueran la de la “búsqueda por palabras”, de no ser porque intuían que lo que se les pedía no podía realizarse a través de la misma.

TABLA III
NÚMERO DE USUARIOS POR TAREA QUE EMPLEARON UNA SOLA INTERFAZ Y DE ELLOS EL NÚMERO QUE EMPLEARON UN MÉTODO DE BÚSQUEDA ADECUADO.

Tarea	Emplearon solo una interfaz	Emplearon una interfaz adecuada
A	8	8
B	6	1
C	5	3
D	8	8
E	0	0
F	10	10
G	6	6
H	2	2
I	4	3
J	6	5

TABLA IV
RESULTADOS DE EFICACIA PARA CADA INTERFAZ Y EFICACIA GLOBAL

INTERFAZ	USOS	ÉXITO	EFICACIA
PAL	84	52	61,90%
EXP	43	17	39,53%
SEM	41	20	48,78%
ETI	17	0	0,00%
NUB	10	8	80,00%
OTR	4	1	25,00%
TOTALES	199	98	49,25%

- Once afirmaron que creían haber acertado al menos en una ocasión por casualidad, probando las distintas interfaces hasta que completaron la tarea.
- De los anteriores nueve indicaron que en una situación real no habrían intentado emplear más de una interfaz.

En cuanto a la información obtenida en el cuestionario de satisfacción y el grupo de enfoque, centrándonos en el tema de la selección de interfaces de búsqueda, parece claro que los usuarios consideraron:

- Que el número de interfaces de búsqueda era excesiva.
- Que la forma en la que se mostraban los resultados en ocasiones no dejaba claro si la búsqueda que habían realizado era correcta.
- Que el empleo de cualquier otro tipo de interfaz que no sea la “búsqueda por palabras” les resulta complejo.
- Que la mayoría de ellos únicamente le ve utilidad real a la “búsqueda por palabras” y el resto tendrían un uso muy específico o ninguno en su caso.

Los resultados parecían evidenciar que los usuarios que participaron en el estudio no tenían claro cuándo convenía emplear una interfaz u otra, lo que dicho de otra forma significa que no eran capaces de apreciar la utilidad de las interfaces, incluso habiendo conseguido emplear interfaces novedosas como la de “búsqueda semántica” de manera exitosa y eficiente.

IV. CONCLUSIÓN E IMPLICACIÓN EN EL PROYECTO ORGANIC.LINGUA.

Si los usuarios no son capaces de apreciar la utilidad de una interfaz es prácticamente imposible que la empleen [13], generando que el rol que cumple la mejora de aspectos concretos de la usabilidad de la misma, pierda todo el sentido [23].

Los resultados de eficacia y eficiencia en la realización de las tareas parecen confirmar las suposiciones establecidas inicialmente en cuanto a las interfaces que resultaban adecuadas para cada una de ellas.

Sin embargo, el uso de las interfaces innovadoras o simplemente alejadas de la tradicional “caja de texto”, para el proyecto Organic.Edunet quedó visiblemente relegado. La principal causa detectada en el experimento fue que la práctica totalidad de los usuarios no eran capaces de apreciar la utilidad de las distintas interfaces (en qué contexto de búsqueda convenía emplear una u otra) y tampoco consideraron interesarse por las mismas hasta que no se sentían capaces de completar la tarea encomendada. Incluso llegados a ese punto, un elevado número de usuarios simplemente probaban a emplear otra interfaz, pero sin llegar a percatarse de su utilidad real, aun completando la tarea con éxito.

La apreciación de la utilidad de interfaces de búsqueda visual, como la que aparece en la Figura 1, la cual empleaba además información semántica; resulta compleja, máxime si estas interfaces de búsqueda se ofrecen junto a otras más extendidas, con las que el usuario se encuentra mucho más

familiarizado. Esto último estaría directamente relacionado con el fenómeno de “la resistencia al cambio” [24], dado que los usuarios están muy acostumbrados al empleo de un único tipo de interfaz de búsqueda con un patrón previamente definido. Así, la primera barrera a romper sería que los usuarios se percatasen de la utilidad que pueden ofrecerle este tipo de interfaces.

La mayoría de los usuarios no conocen la diferencia entre una búsqueda textual y una búsqueda semántica; no saben lo que esta última aporta, ni cuando conviene emplearla o tan siquiera conocen el concepto de “metadato”. El empleo de este tipo de interfaces puede requerir cierto aprendizaje y conocimiento sobre la materia, así pues se deberá trabajar en mejorar la usabilidad de las mismas, focalizando en facilitar el aprendizaje y mostrar al mismo tiempo la utilidad de la misma.

Por otro lado, cuando se desarrolla un esquema de conocimiento, se debe tener en cuenta a quién va dirigido y qué uso se le va a dar, incluyendo el de emplearlo para realizar búsquedas, así, la usabilidad del esquema de conocimiento en sí mismo puede resultar inadecuada, la interfaz tendrá que variar atendiendo a factores como el tamaño del esquema de representación de conocimiento (número de términos y las relaciones que define).

La inclusión de elementos de ayuda en pantalla o tutoriales interactivos parece necesaria, al menos hasta que el público general se familiarice con este tipo de tecnologías o se desarrollen interfaces que hagan uso de las mismas de forma transparente.

La idea de poner a disposición del usuario múltiples interfaces de búsqueda parece inadecuada. La orientación debe dirigirse a combinar el potencial en una interfaz de búsqueda única o centralizada de la forma más transparente posible de cara al usuario, ofreciéndole la información y funcionalidad necesaria en el momento oportuno.

En este sentido, la nueva interfaz de búsqueda para el portal Organic.Edunet (que surge en el desarrollo del proyecto Organic.Lingua) parte de un simple cuadro de búsqueda de texto y buscando la integración de funcionalidades de las interfaces previas, de forma transparente para el usuario. De estas destacaremos las siguientes que se muestran en la Figura 5:

- El cuadro de búsqueda reconoce automáticamente etiquetas y términos, como los conceptos que aparecían en la “nube de conceptos” y los sugiere. (A)
- Mediante el uso de filtros y búsqueda por facetas, se consigue que interfaces como la de “Exploración”, específicas para realizar búsquedas por categorías tipo “directorío” no se hagan necesarias. (B)
- En los resultados se puede hacer “click” sobre el término/etiqueta y mostrará todos los que estén relacionados con el mismo (C).
- Para cada resultado se muestra la información más relevante atendiendo a lo expresado en diversos estudios con usuarios que se realizaron durante el proyecto (D).
- Facilidad para que los usuarios califiquen los resultados de búsqueda. (E).



Fig. 5. Captura de pantalla de la interfaz de búsqueda desarrollada durante el proyecto Organic.Lingua.

- Los términos que formen parte de un esquema de conocimiento permitirán acceder a una interfaz visual para navegar por el mismo (mejora futura) (F).
- Permite que los usuarios puedan sugerir modificaciones y traducciones del título o el resumen de un resultado (G).

La evaluación del nuevo portal de Organic.Edunet, implementado a través del proyecto Organic.Lingua, aparecen recogidos en los entregables¹ (“deliverables”) D7.5.1, D7.5.2 y D7.5.3 “Periodical Reports from Evaluation and Testing” del proyecto.

Estos entregables reportan sobre las distintas evaluaciones y pruebas llevadas a cabo en el portal, incluyendo la interfaz de búsqueda y todo lo relativo a la integración de las funcionalidades multilingües.

En estos reportes se puede apreciar la evolución de la interfaz, y conocer los resultados de eficacia, eficiencia, opinión subjetiva, etc; que se recogieron mediante las distintas pruebas y evaluaciones de usabilidad del portal.

Los resultados obtenidos en el proyecto Organic.Lingua relacionadas con pruebas piloto y de validación han mostrado claramente que la interfaz de búsqueda ha mejorado de forma notable y facilita la localización, identificación y contextualización de recursos; integrando funcionalidades que en la versión anterior quedaban dispersas en varias interfaces y posibilitando la futura integración de una interfaz de tipo visual/navegacional cuya utilidad resulte mucho más evidente para el usuario. Adicionalmente, las implicaciones de estos resultados se están teniendo actualmente en cuenta en el proyecto europeo “ECVET-Step”².

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se ha realizado evaluando los desarrollos de dos proyectos de investigación cofinanciados por la Comisión Europea: “Organic.Edunet” (grant agreement ECP-2006-EDU-410012) y “Organic.Lingua” (grant agreement ICT-PSP 270999). Las implicaciones de estos resultados se están teniendo actualmente en cuenta en el proyecto “ECVET-Step” (STEP: Strengthening Training to Employment Pathways, ID number of the project: 539816-LLP-1-2013-1-GR-LEONARDO-LMP).

REFERENCIAS

- [1] H. Chen, J. Martinez, T. D. Ng, & B. R. Schatz (1997). A concept space approach to addressing the vocabulary problem in scientific information retrieval: an experiment on the worm community system. *Journal of the American Society for Information Science*, vol. 48(1), pp. 17-31.
- [2] V. Kashyap, A. Morales, Hongsermeiera (2006). On implementig clinical decision support: Achieving scalability and maintainability by combining business rules and ontologies. *In proceedings of the Association of Moving Image Archivist 2006 Symposium*, pp. 414-419, Anchorage, AK, United States .
- [3] A. Rius, M.A. Sicilia, & E.G. Barriocanal (2007). Justificación y Descripción del Dominio de Conocimiento de una Ontología para la Formalización y Automatización de Escenarios Educativos. *In proceedings of Simposio Pluridisciplinar sobre Diseño y Evaluación de Contenidos Educativos*. Bilbao, Spain.
- [4] R. Colomo-Palacios, A. García-Crespo, P. Soto-Acosta, M. Ruano-Mayoral & D. Jiménez-López (2010). A case analysis of semantic technologies for R&D intermediation information management. *International Journal of Information Management*, vol. 30(5), pp. 465-469.
- [5] M. Tanaka & T. Ichikawa (1988). A visual user interface for map information retrieval based on semantic significance. *Software Engineering, IEEE Transactions on*, 14(5), pp. 666-670.
- [6] S.K. Kjærulff, L. Wich., J. Kringelum, U.P. Jacobsen, I. Kouskoumvekaki, K. Audouze, & O. Taboureau (2013). ChemProt-2.0: visual navigation in a disease chemical biology database. *Nucleic acids research*, vol. 41(1), pp. 464-469.
- [7] T. Merčun & M. Žumer (2009). Visualizing FRBR. *Proceedings of Libraries in the Digital Age 2009*, pp. 209-215, Dubrovnik, Croacia.
- [8] T. Merčun & M. Žumer (2010). Visualizing for explorations and discovery. *Proceedings of Conferences on Libraries in the Digital Age., Zadar, Croacia*.
- [9] T. Merčun & M. Žumer & T. Aalberg (2012). FrbrVis: An Information Visualization Approach to Presenting FRBR Work Families Theory and Practice of Digital Libraries. *In P. Zaphiris, G. Buchanan, E. Rasmussen & F. Loizides (Editors)*, pp. 504-507: Springer Berlin / Heidelberg.
- [10] M. Graham, J. Kennedy (2010). A Survey of Multiple Tree Visualisation. *Information Visualization, SAGE Journals*, vol. 9 (4), pp. 235-252.
- [11] P. A. G. García, D. Martín-Moncunill, S. Sánchez-Alonso, S., & A.F. García, (2014). A usability study of taxonomy visualisation user interfaces in digital repositories. *Online Information Review*, 38(2), pp. 284-304.
- [12] N. Palavitsinis, N. Manouselis, & S. Sánchez-Alonso (2009). Evaluation of a metadata application profile for learning resources on organic agriculture. *Metadata and Semantic Research*, pp. 270-281.
- [13] B. Shackel & Richardson S. (1991). Usability context, framework, definition, design and evaluation. Shackel. *Ed. Human Factors for Informatics Usability*. pp.21-37. Cambridge, UK, Cambridge University Press.
- [14] N. Manouselis, A. Abian, J. S. Carrión, H. Ebner, M. Palmér, M & A. Naeve (2008). A Semantic Infrastructure to Support a Federation of Agricultural Learning Repositories. *Proceedings of the IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT) 2008. Santander, Cantabria, Spain*, pp. 117-119.
- [15] A. Bosca, M. Dragoni, C. Di Francescomarino & C. Ghidini (2014). Collaborative management of multilingual ontologies. *In Towards the Multilingual Semantic Web*, pp. 175-192. Springer Berlin
- [16] M. Heidelberg Hearst, M. (2009). Search user interfaces. pp.91-95. Cambridge, UK, Cambridge University Press.
- [17] R. Guha, R. Mc Cool & E. Miller (2003) Semantic search. *Proceedings of the 12th international conference on World Wide Web. ACM, 2003*. pp. 700-709, Budapest, Hungary.
- [18] I. Greenberg & L. Garber (1999) searching for New Search Technologies. *IEEE Computer Society*, vol 32(8), pp. 4,6-7,11.
- [19] R. Godwin-Jones (2006). EMERGING TECHNOLOGIES Tag Clouds in the Blogosphere: Electronic Literacy and social Networking. *Language Learning & Technolgy*, Vol. 10(2), pp. 8-15.
- [20] T. Boren & J. Ramey (2000). Thinking aloud: Reconciling theory and practice. *IEEE Transactions on Professional Communication*, vol. 43(3), pp. 261-278.
- [21] J. Nielsen, (1993). Usability Engineering. *Academic Press, Boston, MA*.
- [22] J. Rubin & D. Chisnell, (2008). Handbook of usability testing: how to plan, design, and conduct effective tests. *John Wiley & Sons*.
- [23] D. Martín-Moncunill, S. Sanchez-Alonso, P.A.G. Gaona, & N. Marianos (2013). Applying visualization techniques to develop interfaces for educational repositories: the case of Organic. Lingua and VOA3R. *Proceedings of the Learning Innovations and Quality: The Future of Digital Resources, Rome*.
- [24] O. Nov & C. Ye (2008). Users' personality and perceived ease of use of digital libraries: The case for resistance to change. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 59(5), pp. 845-

¹ <http://www.organic-lingua.eu/en/outcomes/deliverables>

² <http://ecvet-step.eu/>

David Martín-Moncunill es investigador y candidato a Doctor en la Universidad de Alcalá, Departamento de Ciencias de la Computación, España. Es ingeniero técnico en informática de gestión y graduado en sistemas de información, ambos por la Universidad de Alcalá; y máster en e-Learning y Redes Sociales por la Universidad Internacional de la Rioja. Se unió al grupo de investigación “Information Engineering Research Unit” en 2012 y desde entonces ha participado en varios proyectos de investigación europeos en el ámbito de e-learning, metadatos, repositorios, web semántica e interoperabilidad semántica. Sus principales intereses son la usabilidad, el diseño centrado en el usuario, la accesibilidad y la representación del conocimiento.

Paulo Alonso Gaona García es profesor en la Facultad de ingeniería de la Universidad Distrital de Colombia y es uno de los miembros principales del grupo de investigación GIIRA. Es doctor por la Universidad de Alcalá en el programa de Ingeniería de la Información y del Conocimiento. Sus intereses como investigador se centran en la gestión de recursos de información, redes y comunicaciones, e-learning y técnicas de visualización.

Elena García-Barriocanales profesora en el Departamento de Ciencias de la Computación, Universidad de Alcalá, España. Es ingeniera en informática por la Universidad Pontificia de Salamanca y Doctora en Ciencias de la Computación por la Universidad de Alcalá. Sus intereses profesionales se centran en la representación del conocimiento, la usabilidad y la web semántica. En los últimos años Elena ha supervisado múltiples tesis doctorales en esas áreas y ha publicado numerosos artículos indexados en ISI JCR. Así mismo, cuenta con una extensa experiencia en proyectos de investigación europeos.

Salvador Sánchez-Alonso es profesor en el Departamento de Ciencias de la Computación, Universidad de Alcalá, España. Anteriormente trabajó como profesor en la Universidad Pontificia de Salamanca. Es Doctor en ciencias de la computación por la Universidad Politécnica de Madrid. Es autor de más de 30 publicaciones de impacto en los últimos 10 años. En los últimos 5 años ha estado involucrado en numerosos proyectos de investigación europeos en ligados a repositorios de objetos de aprendizaje y metadatos.

Página en Blanco

Revisores

Adán Vega Sáenz, Universidad Tecnológica de Panamá y LACCEI, Panamá
Addison Salazar Afanador, Universidad Politécnica de Valencia, España
Alberto Jorge Lebre Cardoso, Universidad de Coimbra, Portugal
Alfredo Ortiz Fernández, Universidad de Cantabria, España
Alfredo Rosado Muñoz, Universidad de Valencia, España
Amaia Méndez Zorrilla, Universidad de Deusto, España
Ana Arruarte Lasa, Universidad del País Vasco, España
André Luís Alice Raabe, Universidade do Vale do Itajaí, Brasil
Angel García Beltrán, Universidad Politécnica de Madrid, España
Angel Mora Bonilla, Universidad de Málaga, España
Angélica de Antonio Jiménez, Universidad Politécnica de Madrid, España
Antonio Barrientos Cruz, Universidad Politécnica de Madrid, España
Antonio Navarro Martín, Universidad Complutense de Madrid, España
Antonio Sarasa Cabezuelo, Universidad Complutense de Madrid, España
Basil M. Al-Hadithi, Universidad Alfonso X El Sabio, España
Basilio Pueo Ortega, Universidad de Alicante, España
Begoña García Zapirain, Universidad de Deusto, España
Carmen Fernández Chamizo, Universidad Complutense de Madrid, España
Cecilio Angulo Bahón, Universidad Politécnica de Catalunya, España
César Alberto Collazos Ordóñez, Universidad del Cauca, Colombia
Crescencio Bravo Santos, Universidad de Castilla-La Mancha, España
Daniel Montesinos i Miracle, Universidad Politécnica de Catalunya, España
Daniel Mozos Muñoz, Universidad Complutense de Madrid, España
David Benito Pertusa, Universidad Pública de Navarra, España
Dorindo Elam Cardenas Estrada, Universidad Tecnológica de Panamá y LACCEI, Panamá
Elio San Cristobal Ruiz, UNED, España
Eric Roberto Jeltsch Figueroa, Universidad La Serena y LACCEI, Chile
Faraón Llorens Largo, Universidad de Alicante, España
Francisco Javier Faulin Fajardo, Universidad Pública de Navarra, España
Gabriel Díaz Orueta, UNED, España
Gerardo Aranguren Aramendía, Universidad del País Vasco, España
Gloria Zaballa Pérez, Universidad de Deusto, España
Gracia Ester Martín Garzón, Universidad de Almería, España

Ismar Frango Silveira, Universidad de Cruzeiro do Sul, Brasil
Javier Areitio Bertolin, Universidad de Deusto, España
Javier E. Sanchez Galán, Universidad Tecnológica de Panamá y LACCEI, Panamá
Javier González Castaño, Universidad de Vigo, España
Jhon Edgar Amaya, Universidad Nacional Experimental del Táchira y LACCEI, Venezuela
Joaquín Roca Dorda, Universidad Politécnica de Cartagena, España
Jorge A. Tito Izquierdo, University of Houston-Downtown y LACCEI, USA
Jorge Alberto Fonseca e Trindade, Escola Superior de Tecnología y Gestión, Portugal
Jorge Munilla Fajardo, Universidad de Málaga, España
José Alexandre Carvalho Gonçalves, Instituto Politécnico de Bragança, Portugal
Jose Ángel Irastorza Teja, Universidad de Cantabria, España
José Angel Martí Arias, Universidad de la Habana, Cuba
José Ignacio García Quintanilla, Universidad del País Vasco, España
José Javier López Monfort, Universidad Politécnica de Valencia, España
José Luis Guzmán Sánchez, Universidad de Almería, España
José Luis Sánchez Romero, Universidad de Alicante, España
José Luis Villa Ramírez, Universidad Tecnológica de Bolívar y LACCEI, Colombia
José Ramón Fernández Bernárdez, Universidad de Vigo, España
Juan Carlos Soto Merino, Universidad del País Vasco, España
Juan I. Asensio Pérez, Universidad de Valladolid, España
Juan Meléndez, Universidad Pública de Navarra, España
Juan Suardfáz Muro, Universidad Politécnica de Cartagena, España
Juan Vicente Capella Hernández, Universidad Politécnica de Valencia, España
Laura Eugenia Romero Robles, Tecnológico de Monterrey y LACCEI, México
Lluís Vicent Safont, Universidad Ramón Llull, España
Luis Benigno Corrales Barrios, Universidad de Camagüey, Cuba
Luis de la Fuente Valentín, Universidad Carlos III, España
Luis Fernando Mantilla Peñalba, Universidad de Cantabria, España
Luis Gomes, Universidade Nova de Lisboa, Portugal
Luis Gómez Déniz, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España

Luis Zorzano Martínez, Universidad de La Rioja, España
Luisa Aleyda García González, Universidade de São Paulo, Brasil
Manuel Benito Gómez, Universidad del País Vasco, España
Manuel Domínguez Dorado, Universidad de Extremadura, España
Manuel Gromaz Campos, Centro de Supercomputación de Galicia, España
Manuel Pérez Cota, Universidad de Vigo, España
Margarita Cabrera Bean, Universidad Politécnica de Catalunya, España
Maria Antonia Martínez Carreras, Universidad de Murcia, España
Mario Muñoz Organero, Universidad de Carlos III, España
Marta Costa Rosatelli, Universidad Católica de Santos, Brasil
Mercedes Caridad Sebastián, Universidad Carlos III, España
Miguel Angel Gómez Laso, Universidad Pública de Navarra, España
Miguel Ángel Redondo Duque, Universidad de Castilla-La Mancha, España
Miguel Angel Salido, Universidad Politécnica de Valencia, España
Miguel Romá Romero, Universidad de Alicante, España
Nouridine Aliane, Universidad Europea de Madrid, España
Oriol Gomis Bellmunt, Universidad Politécnica de Catalunya, España
Rafael Pastor Vargas, UNED, España
Raúl Antonio Aguilar Vera, Universidad Autónoma de Yucatán, México
Robert Piqué López, Universidad Politécnica de Catalunya, España
Rocael Hernández, Universidad Galileo, Guatemala
Sergio Martín Gutiérrez, UNED, España
Silvia Sanz Santamaría, Universidad de Málaga, España
Timothy Read, UNED, España
Victor González Barbone, Universidad de la República, Uruguay
Victor Hugo Medina García, Universidad Distrital y LACCEI, Colombia
Víctor Manuel Moreno Sáiz, Universidad de Cantabria, España
Victoria Abreu Sernández, Universidad de Vigo, España
Xavier Antonio Ochoa Chehab, Escuela Superior Politécnica del Litoral y LACCEI, Ecuador
Yaimí Trujillo Casañola, Universidad de las Ciencias Informáticas y LACCEI, Cuba
Yod Samuel Martín García, Universidad Politécnica de Madrid, España

Equipo Técnico: Diego Estévez González, Universidad de Vigo, España

VAEP-RITA es una publicación lanzada por el Capítulo Español de la Sociedad de Educación del IEEE (CESEI). Nuestro agradecimiento a los apoyos recibidos desde el año 2006 por el Ministerio Español de Educación y Ciencia a través de la acción complementaria TSI2005-24068-E y del Ministerio Español de Ciencia e Innovación a través de las TSI2007-30679-E y TIN2009-07333-E/TSI. Gracias también a la Universidade de Vigo y a FEUGA por el apoyo en esta nueva etapa.

(Viene de la Portada)

Hacia la Implementación de Indicadores de Relevancia y Reputación en Edu-AREA..... <i>Manuel Caeiro Rodríguez, Senior Member, IEEE, Melisa Rodríguez Bermúdez, Martín Llamas Nistal, Senior Member, IEEE and Juan Manuel Santos Gago, Member, IEEE</i>	114
Selección y Uso de Mecanismos de Búsqueda en Repositorios de Objetos de Aprendizaje: el Caso de Organic.Edunet..... <i>D. Martín-Moncunill, P.A. Gaona-García, E. García-Barriocanal, S. Sánchez-Alonso</i>	122

VAEP-RITA es una publicación de la Sociedad de Educación del IEEE, gestionada por su Capítulo Español y apoyada por la Universidade de Vigo, España.

VAEP-RITA é uma publicação da Sociedade de Educação do IEEE, gerida pelo Capítulo Espanhol e apoiada pela Universidade de Vigo, España.

VAEP-RITA is a publication of the IEEE Education Society, managed by its Spanish Chapter, and supported by the Universidade de Vigo, España.