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)

NOV. 2018 VOL. 6 NÚMERO/NUMERO 4 (ISSN 2255-5706)

Análisis de Estrategias Innovadoras en el Aula con Mapas Conceptuales Considerando el Estilo de Aprendizaje de los Estudiantes ……
.....*Coma T., Aguelo A., Álvarez P., Sanz C., Member, IEEE, Baldassarri S., Senior Member, IEEE* **109**

Características y Utilidades de un Laboratorio Virtual de Máquinas de Inducción en el Entorno Docente ….……..…
……...*John Milton Ramírez Romero y Sergio Raul Rivera Rodríguez, Senior Member* **120**

Diseñando el Lenguaje para el Modelado de Estrategias Didácticas (DSML) a partir de PoN: una Aproximación EML Orientado a la Actividad …….……..
…….....…….. *A. Ruiz, J. I. Panach, O. Pastor, F. D. Giraldo, J. L. Arciniegas and W. J. Giraldo* **126**

Utilizando la Raspberry Pi para generar una solución de acceso a Cuestionarios Educativos desde Dispositivos Móviles …….....……...
.. *Jhon Jairo Ramírez Echeverry, Lina F. Rosales-Castro, Felipe Restrepo-Calle, Fabio A. González* **135**

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,
ISEP, Oporto, Portugal

Secretaría:
Gabriel Díaz Orueta, UNED, España

Miembros:

Manuel Caeiro Rodríguez,
Universidad de Vigo, España

Juan M. Santos Gago,
Universidad de Vigo, España

Francisco J. García Peñalvo,
Universidad de Salamanca, España

Humberto Ramón Álvarez Alvarado,
Universidad Tecnológica de Panamá y LACCEI, Panamá

Jorge Rodríguez,
Western Michigan University,
Kalamazoo, and LACCEI, MI,
EEUU.

José Simó Ten,
Univerisdad Politénica de Valencia, España

Julián Viejo Cortés,
Universidad de Sevilla, España

COMITÉ CIENTÍFICO

Alfonso Lago Ferreiro,
Universidad de Vigo, España

António José Mendes,
Universidade de Coimbra,
Portugal

Antonio Lopez Martin,
Universidad Pública de Navarra, España

António Vieira de Castro,
ISEP, Portugal

Arturo Molina,
Tecnológico de Monterrey,
México

Baltasar Fernández Manjón,
Universidad Complutense de Madrid,
España

Carlos Delgado Kloos,
Universidad Carlos III de Madrid, España

Claudio R. Brito,
International Institute of Education of
COPEC, Brasil

Fernando Pescador,
Universidad Politécnica de Madrid,
España

Gabriel Díaz Orueta, UNED,
España

Francisco J. Azcondo,
Universidad de Cantabria,
España

Francisco Javier Arcega Solsona,
Universidad de Zaragoza,
España

Francisco Jurado,
Universidad de Jaén,
España

Gustavo H. Rossi,
Universidad Nacional de La Plata,
Argentina

Ivan Esparragoza,
Penn State University, EEUU

J. Ángel Velázquez Iturbide,
Universidad Rey Juan Carlos,
España

Jaime Muñoz-Arteaga,
Universidad Autónoma de Aguascalientes, México

Jose Antonio Salvado,
Instituto Politécnico de Castelo Branco,
Portugal

José Bravo Rodríguez,
Universidad de Castilla-La Mancha,
España

José Carlos Lourenço Cuadrado, ISEP,
Portugal

Jose Carlos Meireles Monteiro Metrôlho,
Instituto Politécnico de Castelo Branco,
Portugal

José Carpio,
Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), España

José Palazzo Moreira de Oliveira,
UFRGS, Brasil

Juan C. Burguillo,
Universidad de Vigo, España

Juan Quemada Vives,
Universidad Politécnica de Madrid,
España

Luis Anido Rifón,
Universidade de Vigo,
España

Luis Jaime Neri Vitela,
Tecnológico de Monterrey,
México

M.Felisa Verdejo,
Universidad Nacional de Educación a Distancia, España

Manuel José Fernández Iglesias,
Universidade de Vigo,
España

Manuel Ortega Cantero,
Universidad de Castilla - La Mancha,
España

Maria José Patricio Marcelino,
Universidade de Coimbra,
Portugal

Oscar Martínez Bonastre,
Universidad Miguel Hernández de Elche, España

Pedro C. C. Pimenta,
Universidade do Minho,
Portugal

Raul V. Ramirez Velarde,
Tecnológico de Monterrey,
México

Samuel Cruz-Lara,
Université de Lorraine,
Francia

Vitor Duarte Teodoro,
Universidade Nova de Lisboa,
Portugal

Xabiel García Pañeda,
Universidad de Oviedo,
España

Yannis Dimitriadis,
Universidad de Valladolid,
España

Asistente Técnico Editorial – Technical Editorial Assitant

Diego Estévez González

Análisis de Estrategias Innovadoras en el Aula con Mapas Conceptuales Considerando el Estilo de Aprendizaje de los Estudiantes

Coma T., Aguelo A., Álvarez P., Sanz C., *Member, IEEE*, Baldassarri S., *Senior Member, IEEE*

CÓMO REFERENCIAR ESTE ARTÍCULO:

Coma T., Aguelo A., Álvarez P., Sanz C., Member, IEEE, Baldassarri S., Senior Member, IEEE. "Analysis of innovative approaches in the class using conceptual maps and considering the learning styles of the students", IEEE-RITA, Nov. 2018, Volume 13, Issue 4, Pages 120-129

DOI: https://doi.org/10.1109/RITA.2018.2879388

***Title*—Analysis of innovative approaches in the class using conceptual maps and considering the learning styles of the students**

***Abstract*—This paper presents innovations to stimulate the autonomy of engineering students by using different active methodologies. The strategies designed to address this problem are based on analyzing students' learning styles and incorporating specific tools into teaching practice, such as "M-eRoDes", which supports the automatic evaluation and feedback of concept maps created by them. Among the main findings, the students' assessment of the activity "making concept maps" as useful but not easy stands out. Despite the difficulty, or precisely for that reason, the experience has contributed to improve their autonomy and to develop skills to express the knowledge they have learned.**

***Index Terms*— computer science education, educational technology, learning management systems, semantic web, concept maps**

I. Introducción

En muchas de las asignaturas que se imparten en los últimos cursos de Ingeniería se proponen actividades que estimulan a los estudiantes a aprender de forma autónoma [1]. Como parte de estas actividades, los estudiantes deben buscar información en Internet, realizar un análisis crítico de los contenidos encontrados, procesar estos contenidos y, finalmente, presentar los resultados del aprendizaje en un documento final. Esta última tarea es compleja, dado que obliga al alumnado a contextualizar y reflexionar sobre lo aprendido, abstraer la información relevante, y buscar una forma coherente de expresar todo ese nuevo conocimiento. Habitualmente, el resultado final es una memoria técnica escrita o una presentación oral que se expone y discute públicamente ante los compañeros.

Desde el punto de vista de la formación no técnica en Ingeniería, es importante que los estudiantes experimenten el proceso de redactar un documento o elaborar una presentación. No obstante, éste tiene sentido si recibe una realimentación inmediata por parte del profesorado para que el estudiante pueda lograr reflexionar sobre su desempeño. Cuando el número de estudiantes es alto o el programa de la asignatura consta de muchas actividades de este tipo, la tarea de evaluación y realimentación se hace inviable. Sin embargo, es crítico que el alumnado comprenda si alcanzó los objetivos iniciales de la actividad y si es capaz de expresar y transmitir correctamente lo aprendido.

Estas cuestiones han motivado a los docentes a buscar procedimientos de evaluación alternativos, principalmente automáticos, donde la responsabilidad del profesorado es supervisar y acompañar el desarrollo del proceso de aprendizaje.

En una asignatura optativa de último curso del Grado en Ingeniería en Informática, se viene trabajando, desde hace tres años, en un programa de actividades centrado en el alumnado con el fin de fomentar el trabajo autónomo a nivel individual y grupal de los estudiantes. Para ello, se desarrolló un sistema de evaluación automático basado en el uso de mapas conceptuales como modelo de representación del conocimiento de los estudiantes. Este método de evaluación calcula una serie de indicadores de aprendizaje, aplicando técnicas semánticas, y ha sido integrado en un tutor online de aprendizaje, llamado M-eRoDes. Este tutor fue desarrollado por los autores como parte de un trabajo anterior [2]. El uso de mapas conceptuales plantea ciertos retos a los estudiantes a la hora de representar el conocimiento adquirido. Sin embargo, la experiencia ha demostrado la utilidad de los indicadores de aprendizaje

Manuscrito recibido el día 30 de mayo de 2018; revisado 20 de julio; aceptado 18 de septiembre.

English versión received October, 10th, 2018. Revised October, 28th. Accepted October, 28th.

T. Coma. Dra. Psicología y Aprendizaje, Departamento de Psicología y Sociología, Universidad de Zaragoza, España (e-mail: tcoma@unizar.es) (https://orcid.org/0000-0002-7439-8459)

A. Aguelo. Dr. Sociología, Departamento de Psicología y Sociología, Universidad de Zaragoza, España (e-mail: aaguelo@unizar.es). (https://orcid.org/0000-0002-8118-1012)

P Alvarez. Dr. Ingeniería Informática, Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas, Universidad de Zaragoza, España (e-mail: alvaper@unizar.es)

(https://orcid.org/0000-0002-6584-7259)

C. Sanz. Dra. Ciencias Informáticas, Instituto en Investigación en Informática LIDI, Facultad de Informática, Universidad Nacional de La Plata. Inv. Asociado CIC, Argentina (e-mail: csanz@lidi.info.unlp.edu.ar) (https://orcid.org/0000-0002-9471-0008)

S. Baldassarri. Dra. Ingeniería Informática, Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas, Universidad de Zaragoza, España (e-mail: sandra@unizar.es)

(https://orcid.org/0000-0002-9315-6391).

calculados a partir de ellos, fomentando la autorreflexión del estudiante sobre el proceso de aprendizaje.

Por otra parte, se ha detectado que no todos los estudiantes aprenden de la misma manera, ni tienen la misma habilidad para expresar y representar sus ideas. Esta cuestión ha motivado el estudio de una posible correlación entre los estilos de aprendizaje y su desempeño en las actividades de representación propuestas, en el marco del proceso de aprendizaje.

En este trabajo, por tanto, se aborda la integración de mapas conceptuales en el proceso de enseñanza y aprendizaje de estudiantes de Ingeniería, y se analiza su grado de adecuación como herramientas de representación y evaluación del conocimiento, correlacionando con los estilos de aprendizaje de los estudiantes. Se utiliza la herramienta M-eRoDes para la evaluación de los mapas y la retroalimentación automática a los estudiantes. Por otra parte, se extiende el trabajo realizado en [3] detallando otras once actividades propuestas por los docentes. La facilidad y utilidad de los mapas conceptuales se contrasta en relación con estas otras actividades, de manera que permite comprender de forma más precisa la opinión de los estudiantes acerca de toda la propuesta de la materia y analizarlos en función de sus estilos de aprendizaje.

De aquí en adelante, el artículo se estructura del siguiente modo: en la sección II se comentan los trabajos relacionados, en la sección III se presentan el contexto y los objetivos de este trabajo; en la sección IV se describe la experiencia, detallando las actividades programadas; en la sección V se presentan las herramientas que se han utilizado para llevarlas a cabo; en la sección VI se exponen los resultados obtenidos en relación con los distintos objetivos planteados, y finalmente, en la sección VII se presentan las conclusiones y las líneas de trabajo futuro.

II. Estado del Arte

En esta sección se presentan brevemente los trabajos existentes en tres áreas de interés desde el punto de vista del artículo: las aplicaciones de tutorización y aprendizaje, los sistemas de evaluación automáticos utilizados por estas aplicaciones, y el estudio de los estilos de aprendizaje de sus estudiantes.

En primer lugar, hay que destacar que existen numerosas plataformas comerciales y de código abierto para la gestión del aprendizaje, tales como Moodle, Blackboard o Canvas LMS, y aplicaciones software que actúan como tutores online inteligentes [4, 5, 6]. Actualmente, todas estas soluciones tienen como reto ofrecer un aprendizaje personalizado y/o adaptado a cada estudiante. Esta capacidad de adaptación se ofrece a dos niveles diferentes: a nivel de contenidos, sugiriendo para una misma tarea diferentes materiales y ejercicios que se ajusten a las necesidades individuales de cada estudiante [7], o a nivel de itinerario de aprendizaje, configurando durante el propio proceso de aprendizaje las tareas que debe realizar el estudiante y su nivel de dificultad [8]. Independientemente del mecanismo de personalización empleado, la mayoría de los sistemas de aprendizaje toman las decisiones pertinentes en base únicamente a los resultados obtenidos por los estudiantes en las pruebas de evaluación programadas. No obstante, algunos trabajos han estudiado el impacto y la posibilidad de incorporar a estas decisiones otras características de interés de los estudiantes, como, por ejemplo, su perfil personal y demográfico [9], sus emociones [10] e, incluso, su estilo de aprendizaje [11].

Esta funcionalidad de adaptación debe estar integrada con el modelo pedagógico empleado por la plataforma o aplicación de aprendizaje. En general, las soluciones existentes apuestan por un aprendizaje basado en la resolución de problemas. Este modelo de aprendizaje ha demostrado ampliamente su efectividad, pero resulta limitado desde el punto de vista del tipo de actividades que se pueden programar. Por ejemplo, ninguna de las aplicaciones existentes propone un aprendizaje basado en técnicas de aprendizaje colaborativo o de trabajo en equipo, a excepción de la solución propuesta en [12] para la resolución colaborativa de casos médicos.

La segunda cuestión de interés es cómo estas aplicaciones evalúan el aprendizaje de los estudiantes. En general, las herramientas de evaluación que ofrecen están basadas en el uso de distintos tipos de test. Los test son fácilmente corregibles de manera automática y ofrecen una realimentación cuantitativa e inmediata al estudiante. Sin embargo, su coste de preparación en tiempo es elevado y son difíciles de compatibilizar con los mecanismos de evaluación formativa. A nivel de investigación, se han explorado técnicas alternativas de evaluación automática del aprendizaje, como por ejemplo las basadas en la representación y análisis del conocimiento por medio de mapas conceptuales. Estas técnicas de naturaleza semántica ha sido probadas con éxito en educación [13] y, aunque presentan ciertos problemas relacionados con la dificultad que tienen los estudiantes para expresar su conocimiento por medio de estos mapas [14], algunas soluciones ya han sido propuestas para facilitar su aplicación (por ejemplo, la creación de mapas a partir de descripciones textuales [15] o proporcionar directamente a los estudiantes una estructura vacía del mapa que deben construir, “fill-in-the-map”).

Las herramientas disponibles para la evaluación automática del aprendizaje basada en el uso de mapas conceptuales normalmente utilizan dos técnicas diferentes de análisis: los modelos estructurales [16, 17] y los modelos relacionales [18, 19]. Los modelos estructurales sólo son aplicables a mapas jerárquicos y puntúan la solución en base a la jerarquía de conceptos representada (número de niveles, números de conceptos por nivel, relaciones entre conceptos de diferentes niveles, etc.). Por contra, los modelos relacionales puntúan el mapa en función de su similitud con un mapa de referencia definido previamente por el profesor. Esta puntuación suele tener en cuenta los conceptos y relaciones que se descubren e identifican con éxito. Independientemente del modelo, una cuestión clave es la realimentación que se ofrece al estudiante a partir de la evaluación. Como desventaja, ésta habitualmente consiste en una calificación cuantitativa de su mapa y una comparación con respecto a la media de sus compañeros. Como excepción, en [20], la realimentación consiste en los conceptos y relaciones que el alumnado no logró descubrir.

Por último, el tercer aspecto que resulta de interés es el relativo al estudio del estilo de aprendizaje de los

estudiantes. El aprendizaje es en esencia un cambio producido por la experiencia [21] y ese cambio no sucede para todos los estudiantes de la misma manera. Desde esta perspectiva, es relevante el enfoque de Kolb [22, 23], en el que el aprendizaje es un ciclo que gira en torno a un proceso con dos ejes: formas de percibir (EC/Experiencia Concreta y CA/Conceptualización Abstracta) y formas de procesar (OR/Observación Reflexiva y EA/Experimentación Activa). Detrás de cada uno de los cuadrantes que se generan en estas fases del ciclo: EC-OR-CA-EA; subyace un estilo de aprendizaje. En función de las características individuales, existen preferencias de proceso que harán que los estudiantes se desenvuelvan más fácilmente en aquellas partes del ciclo que coincidan con sus preferencias. Partiendo de esta idea, definió cuatro tipologías en función de la forma en la que el discente prefiere trabajar la información: divergente, asimilador, convergente y acomodador.

Kolb [22] plantea la dualidad entre ser activo-reflexivo o ser inmediato-analítico. En [24], lo trasladan a un enfoque de estilos de aprendizaje, definidos como: "[…] rasgos cognitivos, afectivos y fisiológicos que sirven como indicadores relativamente estables, de cómo los discentes perciben, interaccionan y responden a sus ambientes de aprendizaje" [24, p.48]; y establecen en su cuestionario CHAEA cuatro posibles estilos de aprendizaje asumiendo el modelo de Kolb: activo (divergente), reflexivo (asimilador), teórico (convergente) y pragmático (acomodador). Este enfoque resulta de especial relevancia para este trabajo, puesto que existe un baremo específico para el alumnado de Informática [24] que permite categorizar las preferencias del grupo. Es de destacar que en una investigación en la que se relaciona CHAEA con estrategias de aprendizaje, se recoge específicamente la elaboración de mapas conceptuales como una actividad de preferencia para los de estilos teórico y pragmático [23]. Por lo que esta relación se toma como antecedente para esta investigación.

Por otro lado, en el modelo de estilos de aprendizaje de Felder y Silverman [26] se plantean cuatro escalas bipolares: activo-reflexivo, sensorial-intuitivo, visual-verbal y secuencial-global. Las investigaciones realizadas por los autores en el ámbito de la Ingeniería muestran una preferencia de los estudiantes por los estilos: activo, sensorial, visual y global (en el caso de los más creativos).

Estos resultados no coinciden en lo que se refiere a la preferencia por el estilo activo, con los datos obtenidos en investigaciones con CHAEA, en el ámbito de los estudios técnicos (entre los que se incluye la Informática). Estos muestran una baja preferencia de este alumnado por el estilo activo, recomendando específicamente una mayor experimentación activa [27, 28].

Tras analizar el estado del arte, se observa que el tutor de aprendizaje desarrollado y utilizado en esta experiencia es novedoso en cuanto a los tipos de actividad soportados (colaborativas y en equipo) y el sistema automático de evaluación integrado (basado en mapas conceptuales). Por otro lado, una segunda aportación es la posibilidad de analizar las estrategias y actividades programadas teniendo en cuenta los estilos de aprendizaje de los estudiantes de informática. Estos resultados pueden ayudar a comprender las fortalezas y debilidades de las propuestas didácticas.

III. Contexto y Objetivos

Desde el curso 2014-2015, a través de tres proyectos de Innovación Docente financiados por la Universidad de Zaragoza, se ha llevado a cabo una serie de estrategias e innovaciones didácticas centradas en el alumnado para aplicarlas en asignaturas de último curso de la carrera de Ingeniería Informática. Estas estrategias proponen involucrar a los estudiantes de forma activa en el proceso de enseñanza-aprendizaje, promover su autonomía e incrementar la motivación. Además de las tradicionales clases magistrales para la presentación de conceptos básicos y la realización de prácticas en laboratorio para utilizar diferentes herramientas informáticas actuales, se propone el abordaje de diferentes actividades, en las que los estudiantes deben crear sus propios recursos de aprendizaje, compartirlos, y aprender con ellos. Este enfoque es alternativo al escenario habitual, donde el docente es responsable de preparar los recursos con los que se enseña y se estudia.

Otra cuestión clave y de innovación es el procedimiento de evaluación de las actividades. Es importante que los estudiantes reciban una realimentación inmediata acerca de cómo avanzan en sus aprendizajes. Dada la cantidad y diversidad de actividades que tienen lugar durante el curso, se consideró la evaluación automática y continua como parte de la estrategia docente, también orientada a fomentar la autonomía.

Se propuso el uso de mapas conceptuales como elemento de representación del conocimiento y se diseñó un modelo de evaluación relacional para el cálculo de indicadores de aprendizaje, a partir del uso de la herramienta *M-eRoDes* [2]. No obstante, en los cursos anteriores, no se consideró si los mapas conceptuales resultaban adecuados para el estilo de aprendizaje de los alumnos que cursan la asignatura. Esta cuestión es relevante desde el punto de vista de la validez que puedan tener los indicadores de aprendizaje obtenidos. Por este motivo, los objetivos concretos relacionados con este artículo están alineados con el análisis y correlación de estas variables, y más concretamente, con:

1- *Interpretar los indicadores de aprendizaje resultantes tras aplicar el modelo de evaluación relacional propuesto por el profesorado*. El análisis de estos indicadores tiene como interés validar si las técnicas de construcción de mapas conceptuales son las adecuadas para el perfil de estudiantes que cursa la asignatura, identificar posibles problemas en el proceso de aprendizaje, y verificar si las métricas del modelo representan realmente lo aprendido.
2- *Identificar la manera en la que los estudiantes valoran la facilidad y la utilidad de las diferentes actividades propuestas*. En este análisis también se incluye la actividad de los mapas conceptuales al que específicamente se refiere el punto siguiente.
3- *Conocer y reflexionar, de forma específica, sobre la valoración que realizan los estudiantes sobre la propuesta de trabajo con mapas conceptuales (MCs)* como herramienta para representar y evaluar el conocimiento adquirido durante el proceso de

aprendizaje. En particular, se analizan las opiniones de los estudiantes en relación a: las dificultades que se encuentran a la hora de construir los mapas, el tipo de mapa utilizado, si los mapas que elaboran reflejan lo que creen que han aprendido, así como la utilidad de esta herramienta en el proceso de evaluación.

4- *Determinar el estilo de aprendizaje de los estudiantes que cursan la asignatura e identificar el estilo preferente para el curso académico actual.* Las características básicas de los estilos preferentes deben ayudar al profesor a reflexionar si su propuesta de actividades se ajusta al perfil de sus estudiantes. Por otro lado, también se pretende analizar si existe una posible relación entre las actividades preferidas por los estudiantes y aquellas tareas donde se deberían encontrar más cómodos, conforme a su estilo de aprendizaje preferente.

IV. Descripción de la experiencia

Esta experiencia de innovación se ha llevado a cabo en la asignatura "Diseño centrado en el usuario. Diseño para la multimedia" (DCU). Esta asignatura tiene carácter obligatorio en la especialidad de "Tecnologías de la Información" del Grado de Ingeniería Informática, y se imparte durante el octavo semestre de la titulación. El número de alumnos matriculados se caracteriza por oscilar entre 15 y 20 por curso. Esta asignatura en particular favorece la implantación de las estrategias propuestas dado que entre sus contenidos se enseña a trabajar con recursos multimedia. Por tanto, la actividad de elaboración de los recursos de aprendizaje supone un caso de aplicación concreto de lo que deben aprender.

En esta asignatura se propone un recorrido con diferentes tipos de actividades para lograr que los estudiantes de asignaturas del último curso, con contenidos en constante evolución, logren involucrarse de forma activa en su proceso de aprendizaje, y alcanzar mayor autonomía y capacidad para expresar lo aprendido.

En la Fig. 1 se presenta la propuesta concreta de secuenciación de actividades, en las que se combina el trabajo en equipo y el trabajo individual, pasando por las siguientes fases:

- *Fase 0:* propuesta de los temas y formación de equipos. Normalmente el profesor propone diferentes temas sobre los cuales sería interesante desarrollar un recurso de aprendizaje. Se crean los equipos de trabajo en grupos de 3 o 2 personas, atendiendo a sus preferencias personales. Cada grupo debe elegir un tema de entre los propuestos.
- *Fase 1 (individual):* búsqueda de contenidos e información actualizada.
- *Fase 1 (equipo):* creación del recurso de aprendizaje: incluye la realización de un vídeo, la generación de un test (Test) y un mapa conceptual (MC-Ref) sobre los contenidos del recurso propio. Esta primera versión del mapa conceptual, además, es revisada por los profesores.
- *Fase 2 (individual):* aprendizaje basado en los recursos creados: incluye la visualización de los vídeos generados por sus compañeros y la realización del test y la construcción de un mapa conceptual de los contenidos de cada uno de ellos (MC-Ap).
- *Fase 2 (equipo):* exposición y defensa de los trabajos. Una vez visualizados los recursos de los compañeros, se realiza un debate sobre cada trabajo. El equipo que realizó el recurso debe aclarar las dudas, ampliar información, profundizar en el trabajo, etc.
- *Fase 3 (equipo):* mejora de los recursos de aprendizaje, que se realiza a partir del *feedback* recibido de los compañeros y de los profesores.
- *Final 3 (profesores):* evaluación final de la actividad y análisis de los indicadores de aprendizaje obtenidos por los estudiantes.

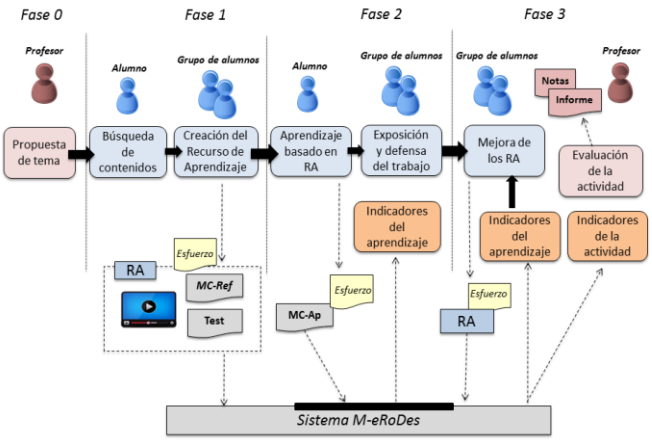

Fig. 1. Secuenciación de las actividades propuestas

Durante las Fases 1, 2 y (parte de la) 3, el papel del profesorado consiste en asesorar y supervisar a los estudiantes durante las sesiones de prácticas y en tutorías, ya sea en sesiones presenciales o a través de consultas, vía correo electrónico. Es únicamente en la fase final de las actividades cuando el docente evalúa los indicadores intermedios de aprendizaje de los estudiantes y el resultado final obtenido por cada equipo. A partir de esta información puede calificar (si fuera necesario) el trabajo realizado por el alumnado, detectar problemas que hayan podido afectar al desarrollo del proceso y proponer mejoras correctivas.

V. Herramientas e Instrumentos Utilizados

En esta sección se introducen brevemente las distintas herramientas empleadas para la puesta en práctica de la experiencia de innovación. En primer lugar, se presenta *M-eRoDes*, el sistema software sobre el cual se programan y realizan las distintas actividades que forman parte de la propuesta. Posteriormente, se describen los instrumentos y métodos aplicados para estudiar los estilos de aprendizaje de los estudiantes y las distintas encuestas de opinión programadas para la recogida de datos.

A. *M-eRoDes*

A pesar de la amplia variedad de aplicaciones software que existen para programar y gestionar actividades de enseñanza-aprendizaje, tanto comerciales como de investigación [29], ninguna de estas soluciones proporciona

soporte a los modelos de actividad utilizados en esta experiencia de innovación (por ejemplo, para mediar la secuenciación de actividades presentada en la Fig. 1). Por este motivo, se desarrolló el sistema *M-eRoDes*, una solución Web y orientada a servicios que proporciona la funcionalidad necesaria para programar y realizar actividades de aprendizaje basadas en metodologías activas y colaborativas [30]. Desde el punto de vista de la experiencia descrita en este artículo, *M-eRoDes* permite almacenar semánticamente los recursos de aprendizaje creados por los estudiantes, acceder a dichos recursos para el aprendizaje, y autoevaluar este aprendizaje de forma automática. En estos procesos, la semántica y los mapas conceptuales juegan un papel clave como se describe en los siguientes párrafos.

M-eRoDes integra un repositorio semántico de recursos de aprendizaje. Cada vez que un nuevo recurso se almacena en el sistema, éste lo etiqueta semánticamente en base a sus contenidos. Este proceso de etiquetado es automático y permite contextualizar los recursos creados desde el punto de vista de una ontología de dominio [31]. Estas etiquetas favorecen la clasificación y el posterior acceso y uso de los recursos.

Otra de las funcionalidades clave de *M-eRoDes* es la posibilidad de programar actividades de aprendizaje basadas en el uso de los recursos disponibles en su repositorio. La interfaz Web del sistema permite a los estudiantes acceder al listado de actividades que deben realizar durante el curso. Una actividad típica consiste en acceder a un recurso de aprendizaje, visualizar su contenido, y autoevaluarse a partir de la realización de un test. Un ejemplo de este tipo de actividad básica corresponde con la tarea programada en la Fase 2 de la actividad descrita en la Fig. 1.

Una de las cuestiones más novedosas de *M-eRoDes* es su sistema de evaluación basado en mapas conceptuales. El creador de un recurso de aprendizaje debe expresar por medio de un mapa los objetivos de enseñanza asociados al recurso y sus contenidos clave, es decir, lo que debería de aprender un estudiante al trabajar con él. Este mapa recibe el nombre de mapa de referencia, y es almacenado en el repositorio del sistema conjuntamente con su correspondiente recurso. Por otro lado, cuando un estudiante trabaja con un recurso, debe expresar a través de un mapa conceptual, llamado mapa de aprendizaje, lo que cree que ha aprendido. El sistema de evaluación compara automáticamente estos dos mapas desde el punto de vista de los conceptos, sus relaciones y la importancia de ambos en el contexto del recurso. Esta comparación se realiza combinando distintos algoritmos de similaridad semántica y teoría de grafos, y los resultados obtenidos se interpretan posteriormente para ofrecer al estudiante una valoración cuantitativa y cualitativa de su aprendizaje [13]. Para facilitar esta interpretación se utiliza una sencilla escala de colores que se orienta a que el estudiante identifique qué parte del mapa ha sido realizado con éxito y cuál debería mejorar. Además, el sistema permite a un estudiante acceder a su histórico de indicadores de aprendizaje, y a un profesor al histórico de las actividades que programó para sus estudiantes.

Este sistema de autoevaluación requiere que los estudiantes sean capaces de representar el conocimiento adquirido (o que debería de adquirirse) en un mapa conceptual. Esta tarea no les resulta sencilla e intuitiva en la mayoría de los casos [14]. Por este motivo, como parte de la experiencia se han programado dos acciones concretas. Por un lado, a principio de curso se imparte un seminario que presenta a los estudiantes una técnica sencilla para crear mapas conceptuales. Esta visión metodológica va acompañada con ejemplos y sencillos ejercicios que le ayuden a entender cómo abordar el proceso de representación. La duración de este seminario es de 2 horas. Y, por otro lado, cada vez que un estudiante tiene que crear un mapa conceptual desde cero, a través de la herramienta, se proporciona una lista inicial de conceptos que les facilite elaborar la estructura de conocimiento. Esta lista contiene, entre otros, los conceptos que aparecen en el mapa conceptual de referencia que se usa en el proceso de evaluación automático de la herramienta.

Por tanto, M-eRoDes permite al profesorado programar las distintas actividades de aprendizaje y ofrece funcionalidad a los estudiantes para completar las tareas involucradas y evaluar el conocimiento adquirido, como se muestra en la Fig. 1. La interfaz de la herramienta es simple y no requiere una formación específica. No obstante, con el fin de facilitar su uso a los estudiantes, a principio de curso se imparte un seminario a nivel de usuario de introducción a M-eRoDes. Su duración es de 1 hora y tiene como objetivo fundamental que los estudiantes sean capaces de crear nuevos recursos, trabajar con los recursos existentes, generar mapas conceptuales, e interpretar los indicadores de aprendizaje que les ofrece el sistema. Además, la herramienta tiene un sistema de ayuda en línea que complementa esta formación básica e inicial.

B. Instrumentos para estilos de aprendizaje y para la valoración de actividades

A continuación, se presentan otras herramientas que se han utilizado durante el curso y que son relevantes desde el punto de vista de los objetivos que se han propuesto en este artículo, tanto para el estudio de los perfiles de aprendizaje de los estudiantes, como para obtener información acerca de la percepción y valoración de las diferentes actividades por parte de los estudiantes.

En primer lugar, se han utilizado dos cuestionarios diferentes para la identificación y el análisis de los estilos de aprendizaje de los estudiantes, concretamente:

- *El cuestionario CHAEA* [24], compuesto por 80 afirmaciones (20 por cada estilo: activo, reflexivo, teórico y pragmático), con puntuación dicotómica (+/ acuerdo o -/desacuerdo). La puntuación obtenida implica el grado de preferencia que se representa gráficamente en una escala de dos ejes, configurando lo que los autores denominan “diamante”.
- *El inventario de Felder* [32]: compuesto por 44 afirmaciones de elección dual que permiten determinar la preferencia en escalas bipolares entre: activo-reflexivo, sensorial-intuitivo, visual-verbal y secuencial-global.

Por otro lado, también se han realizado distintas encuestas de opinión y valoración para obtener información útil que ayude a alcanzar los objetivos planteados, concretamente:

- Cumplimentación del cuestionario (individual) de valoración del trabajo en equipo y del mapa conceptual generado por el grupo.
- Cumplimentación de la encuesta de valoración de los mapas conceptuales generados individualmente sobre los recursos hechos por los otros grupos.

VI. Resultados

En esta sección se presentan los resultados obtenidos, desde el punto de vista de los objetivos establecidos en la sección III de este artículo.

A. *Objetivo 1: Interpretación de los indicadores de aprendizaje*

En relación al primer objetivo, la Tabla I presenta los indicadores de aprendizaje obtenidos por los estudiantes al realizar la secuencia de actividades mostrada en la Fig. 1, más concretamente, como resultado de la Fase 2 basada en aprendizaje autónomo. Estos indicadores son automáticamente calculados por *M-eRoDes*, aplicando el procedimiento de autoevaluación basado en la similaridad de los mapas conceptuales.

Cada columna de la Tabla I representa los indicadores obtenidos por cada uno de los estudiantes, mientras que las filas corresponden con los recursos utilizados en el proceso de enseñanza-aprendizaje (concretamente, en esta experiencia se crearon siete recursos de aprendizaje distintos; véase la nota de la Tabla I). Para cada recurso se muestra el resultado global, y los indicadores de similitud de conceptos y similitud de relaciones. Los resultados cuantitativos se traducen automáticamente a colores para facilitar su interpretación por parte de los estudiantes y profesores: el color rojo representa un aprendizaje insuficiente, el amarillo uno mejorable, y el verde uno suficiente o adecuado. Esta interpretación es configurable y está basada en la experiencia de cursos anteriores. Por último, las casillas marcadas con una "X" representan que el alumno no completó la actividad en la que debía trabajar con el recurso (en este caso, porque el alumno pertenecía al grupo que creó ese recurso durante la Fase 1 de la actividad).

Tabla I
Indicadores de Aprendizaje Resultantes de la Evaluación Basada en Mapas Conceptuales

	Est 1	Est 2	Est 3	Est 4	Est 5	Est 6	Est 7	Est 8	Est 9	Est 10	Est 11	Est 12	Est 13	Est 14	Est 15	Est 16	Est 17
CCD	0,31	0,14	0,27	0,35	0,27	0,29	0,46	X	X	0,34	0,34	X	0,36	0,23	0,29	0,28	0,47
C-S	0,43	0,23	0,42	0,53	0,42	0,42	0,66	X	X	0,57	0,5	X	0,53	0,33	0,42	0,47	0,66
R-S	0,13	0	0	0,13	0	0	0	X	X	0	0	X	0,13	0	0	0	0,13
CaS	X	X	X	0,23	0,33	0,34	0,3	0,32	0,07	0,14	0,34	0,44	0,3	0,42	0,49	0,58	0,46
C-S	X	X	X	0,43	0,51	0,48	0,44	0,48	0,11	0,21	0,51	0,63	0,48	0,58	0,63	0,75	0,61
R-S	X	X	X	0	0,14	0,14	0,14	0	0	0	0,29	0,14	0	0,14	0,14	0,57	0,29
GI	0,3	0,14	0,21	X	0	0,23	0,21	0,26	X	0,07	0,32	0,28	0,29	X	0,33	0,18	0
C-S	0,4	0,2	0,3	X	0	0,33	0,3	0,37	X	0,1	0,43	0,37	0,37	X	0,47	0,25	0
R-S	0,11	0	0	X	0	0	0	0	X	0	0,11	0,11	0,11	X	0	0	0
MI	0,28	0,18	0,35	0,36	0,26	0,52	X	0,4	0	0,22	0,37	0,36	0,38	0,57	X	X	0,26
C-S	0,41	0,31	0,51	0,54	0,38	0,73	X	0,58	0	0,38	0,51	0,54	0,61	0,75	X	X	0,38
R-S	0	0	0,13	0,13	0	0,13	X	0,13	0	0,13	0,25	0	0	0,25	X	X	0
HRI	0	0	0,15	0	X	0	X	0,3	0	0,25	0	0,16	X	0,09	0,43	0,27	0,21
C-S	0	0	0,23	0	X	0	X	0,47	0	0,42	0	0,23	X	0,13	0,66	0,42	0,32
R-S	0	0	0	0	X	0	X	0	0	0	0	0	X	0	0	0	0
BCI	0,25	0,11	0	0,2	0	0,22	0,25	0,43	0,13	X	0,11	0,29	0,38	0,21	0,51	0,31	0,32
C-S	0,33	0,19	0	0,29	0	0,33	0,4	0,62	0,19	X	0,19	0,37	0,43	0,33	0,64	0,47	0,47
R-S	0,13	0	0	0	0	0	0,13	0,13	0	X	0	0,25	0,25	0	0,25	0	0
WD	0,26	0,21	0,32	0,26	0,12	X	0,31	0,26	0,47	0	X	X	0,35	0,46	0,15	0,51	0,23
C-S	0,41	0,31	0,48	0,44	0,21	X	0,44	0,48	0,69	0	X	X	0,51	0,58	0,21	0,73	0,33
R-S	0,17	0	0,17	0	0	X	0	0,17	0,33	0	X	X	0	0,5	0	0,5	0

Nota: Explicación de los acrónimos que dan nombre a los recursos: CCD (*Child-Centered Design*), CaS (*Context-aware Systems*), GI (*Gestural Interaction*), MI (*Multimodal Interaction*), HRI (*Human-Robot Interaction*), BCI (*Brain-Computer Interface*) y WD (*Wearable Devices*).

Un análisis global de los indicadores permite detectar determinados problemas en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Por un lado, los estudiantes que presentan indicadores mayoritariamente en color rojo (por ejemplo, los estudiantes 2 y 9) corresponden a alumnos que no han trabajado correctamente con los recursos de aprendizaje o no han sido capaces de expresar con mapas lo que aprendieron. Por otro lado, si el mapa conceptual de referencia no fue correctamente elaborado, es decir, no reflejaba las principales ideas de su contenido, entonces su recurso obtiene malos resultados (por ejemplo, el recurso *"Human-Robot Interaction"*, HRI).

Otra cuestión importante que se extrae de los indicadores es que los estudiantes son capaces, en general, de identificar los conceptos clave que se tratan en los recursos (las filas C-S, *"Concept-Similarity"*), pero tienen muchos problemas a la hora de representar las relaciones entre estos conceptos (las filas R-S, *"Relational-Similarity*"). La experiencia nos ha llevado a concluir que el proceso de descubrir las relaciones y representarlas correctamente es complejo y exige un mayor grado de reflexión y madurez por parte de los estudiantes del que poseen. También se considera que influye la habilidad y experiencia de los estudiantes a la hora de trabajar con mapas conceptuales; en este caso, muchos de ellos no habían usado antes este tipo de representaciones de conocimiento.

A pesar de estas dificultades, el uso de este tipo de técnicas de representación ha obligado a los estudiantes a reflexionar sobre lo aprendido, abstrayendo y contextualizando el conocimiento de interés para cada recurso particular. Este esfuerzo extra fortalece el propio proceso de aprendizaje. Por otro lado, además de los indicadores de aprendizaje, *M-eRoDes* facilita a los estudiantes el mapa conceptual de referencia asociado a cada recurso. De esta forma, pueden comparar visualmente su mapa de aprendizaje con el mapa de referencia, e identificar qué conocimiento (conceptos, asociaciones, o información de contexto) no consideraron relevante, reforzando el *feedback* que proporciona el sistema. No obstante, en los próximos cursos no se descarta introducir ciertas modificaciones en la formación en mapas conceptuales que se ofrece a los estudiantes y en la metodología de creación de estos mapas, como por ejemplo: que la formación sea continua, como alternativa al seminario que tienen lugar al principio del curso, o que se proporcione a los estudiantes directamente la estructura sintáctica de los mapas y estos se limiten a completar los conceptos, su relevancia y las etiquetas de las relaciones.

B. *Objetivo 2: Valoración de la facilidad y utilidad de las diferentes actividades*

Los resultados en relación con el segundo objetivo se pueden observar en las Tablas II y III, que incluyen las medias, modas y desviaciones en cuanto a la opinión con respecto a la facilidad y la utilidad de las actividades señaladas en la Fig. 1, así como la clase magistral y las

prácticas, que también forman parte de la dinámica de la asignatura. La opinión de los alumnos ha sido recogida y analizada por medio de encuestas con escalas de 6 niveles (donde 1 representa nada fácil/nada útil y 6 muy fácil/muy útil).

En ambas tablas las actividades aparecen ordenadas por orden decreciente en función del valor resultante de la media por actividad. Hay que observar que en la Tabla II todas las actividades empiezan con el guarismo "1" y en la Tabla III con guarismo "2" siendo, con esta salvedad, la numeración de cada actividad idéntica en ambos casos.

En la Tabla II, se puede observar que la actividad más fácil y con un mayor acuerdo (moda más alta y desviación más baja) es la 1.4 (Etopía), actividad práctica que implica salir de la facultad y visitar un centro de aplicación tecnológica. Es la única actividad con una moda de 6, en términos de facilidad. Aunque por utilidad es la séptima.

La clase magistral (2.1) destaca por su alta valoración acompañada de una baja desviación como se muestra en la Tabla III, respecto a la utilidad. Además, como se puede observar en la Tabla II, también es altamente valorada por su facilidad (4,18 de media y moda de 4), aunque con respecto a su posición en cuanto a facilidad, está octava.

Con respecto al trabajo en grupo (2.2) se observa que obtiene una media alta (4,15) y una moda de 4, destacando que genera el mayor acuerdo en esa puntuación, ya que presenta la dispersión más baja.

Por otra parte, haciendo una lectura en paralelo de ambos análisis (facilidad y utilidad), se puede observar que tan sólo las prácticas de laboratorio,1.3 y 2.3, y el trabajo en grupo, 1.2 y 2.2, aparecen entre las cuatro primeras actividades mejor valoradas.

En relación con ambas actividades es de destacar que sobre la facilidad de las prácticas de laboratorio hay un acuerdo mayor (menor desviación) que sobre su utilidad (mayor desviación). Es reseñable que la valoración ha sido muy alta tanto sobre su facilidad como su utilidad, siendo la moda 5. En el caso del trabajo en grupo sucede lo contrario, habiendo una menor desviación sobre la utilidad de esta actividad.

C. Objetivo3: Valoración de la utilidad y facilidad del trabajo con Mapas Conceptuales

Con respecto al tercer objetivo, haciendo foco sobre la opinión específica de los estudiantes en torno a la facilidad y utilidad del uso de mapas conceptuales como herramienta de representación y evaluación, en la que se utiliza la misma escala de 6 niveles referida anteriormente, el grupo ha valorado con una media de 3,5 la facilidad y 3,75 la utilidad, siendo la moda 3 y 4 respectivamente. Lo que muestra que parece ser más útil que fácil, en general para el grupo. Si profundizamos en los resultados, al 55% de grupo les ha resultado difícil (valoración entre 1-3) la construcción de los mapas, mientras que al 60% del grupo les ha resultado útil (valoración entre 4-6).

Si se analiza la relación entre facilidad y utilidad de forma individual, se puede observar que un 30% de las personas valoran ambas con 5 o 6, es decir fácil y útil, y casi en la misma proporción, un 25%, no lo han valorado ni fácil ni útil. Finalmente, un 30% señalan que les resultó difícil, sin embargo, han valorado su utilidad; y un 15% a los que les pareció fácil, no lo han valorado útil.

TABLA II
GRADO DE FACILIDAD EN LA REALIZACIÓN DE LAS ACTIVIDADES

		Med.	***Mod.***	***Desv.***
1.4	Prácticas en el centro Etopía	5,44	6	0,7
1.12	Realizar exposiciones orales o defensa de trabajos	4,8	4	1,2
1.2	Trabajo en grupo	4,65	5	1,09
1.3	Prácticas de laboratorio	4,63	5	0,89
1.8	Elaborar un test sobre el vídeo generado por mi grupo	4,55	5	0,94
1.10	Realización de los test de los vídeos de los otros compañeros	4,53	4	1,02
1.5	Búsqueda y selección del material para elaborar el guion del vídeo	4,2	4	1
1.1	Atención a clase magistral	4,18	4	0,88
1.11	Generación de informes escritos	4,15	5	1,26
1.6	Elaborar el guion del vídeo (contenidos)	4,1	5	1,07
1.7	Realizar el vídeo (técnico)	3,95	4	1,22
1.9	Realizar Mapas Conceptuales	3,5	3	1,39

TABLA III
GRADO DE UTILIDAD DE LAS ACTIVIDADES PARA EL APRENDIZAJE

		Med.	***Mod.***	***Desv.***
2.1	Atención a clase magistral	4,76	5	0,97
2.2	Trabajo en grupo	4,15	4	0,88
2.5	Búsqueda y selección del material para elaborar el guion del vídeo	4,15	5	1,35
2.3	Prácticas de laboratorio	4,11	5	1,33
2.7	Realizar el vídeo (técnico)	4,11	5	1,33
2.10	Realización de los test de los vídeos de los otros compañeros	4,11	3	1,41
2.4	Prácticas en el centro Etopía	4	4	1,03
2.12	Realizar exposiciones orales o defensa de trabajos	4	5	1,36
2.6	Elaborar el guion del vídeo (contenidos)	3,8	3	1,44
2.11	Generación de informes escritos	3,8	4	0,89
2.9	Realizar Mapas Conceptuales	3,75	4	1,41
2.8	Elaborar un test sobre el vídeo generado por mi grupo	3,45	3	1,47

Por otro lado, tal como se mostró en el objetivo anterior, los estudiantes también valoraron las 12 actividades realizadas durante el curso. En este sentido, se observa que los mapas conceptuales obtuvieron la puntuación más baja con respecto a la facilidad, y la penúltima en cuanto a la utilidad.

No obstante, el grupo tiene una alta valoración sobre la creación en equipo del mapa conceptual de su recurso de aprendizaje, lo que se ve reflejado en los datos de la encuesta individual. La encuesta, que está dividida en tres ámbitos, muestra que:

- Los equipos siguieron las estrategias de aprendizaje requeridas para su elaboración (identificar de los conceptos clave, estructurar la información, establecer las relaciones y la lógica de encadenamiento, etc.).
- En el trabajo en grupo se observa que han logrado la definición de los objetivos y han realizado la planificación de la tarea conjunta manteniendo una comunicación fluida y una participación equitativa.

- El grupo tiene un alto grado de satisfacción con respecto el aprendizaje, la representatividad del mapa elaborado, el hecho de formar parte del equipo, y con respecto el resultado.

D. *Objetivo 4: Determinación y análisis del estilo de aprendizaje de los estudiantes*

El cuarto objetivo era estudiar el estilo de aprendizaje de los estudiantes e identificar el estilo preferente, analizando la posible correlación con sus actividades preferidas.

Los resultados del grupo en el CHAEA para cada uno de los cuatro estilos de aprendizaje, en función del baremo establecido para su grupo de referencia, se pueden observar en la Tabla IV. Se muestra sombreado en el baremo el tramo en el que se ubica la media obtenida por el grupo para cada estilo (Activo $\bar{x}$ 9,9/ Reflexivo $\bar{x}$ 16,05/ Teórico $\bar{x}$ 14,1/ Pragmático $\bar{x}$ 12,75). Por lo tanto, comparando estos resultados con el baremo CHAEA para su grupo de referencia (carreras técnicas: Informática), se puede comprobar que, el grupo tiene una puntuación más baja que la media en la preferencia por el estilo activo. Está en la media de su grupo en el estilo reflexivo y pragmático y tiene una preferencia mayor que la media (categorizada como alta según la tabla de referencia) en el estilo teórico.

Esto indica que el grupo tiene una mayor preferencia por trabajar con situaciones estructuradas y con una finalidad definida. Prefieren trabajar con datos, modelos y establecer conexiones entre ellos. Requieren del tiempo suficiente para poder hacer este trabajo con rigor. Les gusta poder tener la posibilidad de cuestionar, poner a prueba. Son lógicos y precisos, no les asusta sentirse bajo presión intelectual para resolver un reto y les gusta desentrañar situaciones complejas.

Un análisis más detallado se puede realizar observando la Tabla V en la que se muestran los resultados individuales de cada caso. Los primeros 17 estudiantes de esta tabla se corresponden con los de la Tabla I, mientras que los 3 últimos rellenaron los cuestionaros de estilos de aprendizaje, pero no realizaron las tareas de evaluación automática por lo que no figuran en la Tabla I.

Con respecto a las preferencias concretas del grupo según el cuestionario CHAEA, se destaca lo siguiente:

TABLA IV
RESULTADO DEL GRUPO DE ESTUDIANTES EN RELACIÓN CON EL BAREMO CHAEA PARA INFORMÁTICA

Preferencia por el estilo…	Muy baja	Baja	Moderada	Alta	Muy Alta
Activo	0-6	7-9	10-12	13-15	16-20
Reflexivo	0-10	11-14	15-17	18	19-20
Teórico	0-6	7-9	10-12	13-15	16-20
Pragmático	0-8	9-10	11-13	14-15	16-20

Fuente: Elaboración propia a partir de Alonso, Gallego y Honey, [13, p.135].

- La media es alta en el estilo teórico, pero además hay que destacar que el 59% de los alumnos han mostrado una preferencia "muy alta" y el 41% "moderada", no apareciendo ningún valor como "bajo" o "muy bajo".
- Tanto en el estilo reflexivo como en el pragmático, predomina el porcentaje de personas con una preferencia moderada (58%).
- Hay que destacar la baja incidencia del estilo activo con un 45%" bajo y muy bajo" y un 35% "moderado" y sólo un 20% "alto y muy alto", lo que puede indicar dificultades cuando tiene que intentar cosas nuevas, generar ideas, asumir riesgos, etc.

El inventario de Felder [26] presenta los siguientes resultados en cuanto a las preferencias del grupo:

- La baja incidencia del estilo activo coincide con los datos obtenidos con el cuestionario de Felder y Silverman, en el que predomina un equilibrio en el binomio activo-reflexivo del 60% (resultado coincidente con CHAEA).
- En cuanto al par: sensorial-intuitivo, los resultados muestran 10% preferencia "muy alta" por el estilo sensorial y un 45% "alta", es de destacar que en ningún caso hay preferencia alta en el intuitivo. El estilo sensorial define características similares al estilo teórico de CHAEA, por lo que los resultados apuntan en la misma dirección.
- Hay una preferencia relevante por el estilo visual (35% "muy alta" y un 40% "alta"), y lo más relevante es que en ninguno de los casos es verbal. Por tanto, tendrán como referencia lo que ven, es lo que mejor recuerdan (imágenes, esquemas, diagramas, líneas de tiempo,

TABLA V
RESULTADOS COMPARATIVOS POR ESTUDIANTE SEGÚN LOS BAREMOS DE ESTILOS DE APRENDIZAJE

Estudiantes…	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
CHAEA																				
ACTIVO	9	10	7	12	9	11	11	16	16	12	7	10	6	6	5	13	13	8	10	7
REFLEXIVO	17	16	16	16	14	18	16	8	15	14	16	17	20	18	16	17	13	19	18	17
TEÓRICO	15	19	13	13	15	19	13	10	11	8	11	15	16	15	17	12	16	13	15	16
PRAGMÁTICO	14	17	17	13	13	11	13	14	13	6	10	13	12	7	16	13	17	11	13	12
Inventario de Felder																				
ACTIVO		1	3		5	7	3	5	3	7	3	5				9			3	
SENSORIAL	5	7	5		9	5	3	3	1	1	5		5	7	9	5		5	3	
VISUAL	5	7	9		7	9	7	9	5	7	11	11	5	3	5	9	3	3	3	5
SECUENCIAL	3					1	3						3	1	1	7	3	5	3	
REFLEXIVO	5			3									3	5	3		1	3		1
INTUITIVO				1								1					3			1
VERBAL				1																
GLOBAL		1	7	9	9			1	3	7	1	3								7

Nota: Explicación de las flechas: la flecha en vertical hacia arriba indica preferencia muy alta por ese estilo, en diagonal hacia arriba indica preferencia alta, en horizontal preferencia moderada, en diagonal hacia abajo preferencia baja y en vertical hacia abajo indica preferencia muy baja. Para facilitar su lectura, en los resultados correspondientes a Felder y Silverman aparece sólo el estilo resultante, tal y como se puntúa en el Inventario de Felder. Se obtiene de restar los pares activo-reflexivo, sensorial-intuitivo, visual-verbal y secuencial-global, entendidas como extremos de una gradación.

películas, demostraciones…); frente a la información verbal, que retienen con más dificultad.
- Con respecto al par: secuencial-global, los resultados no son relevantes.

Estos resultados coinciden parcialmente con las investigaciones de [26] con alumnos de ingeniería. También en la preferencia sensorial y visual y no coincide en la preferencia activa, como ya se ha indicado.

Por último, se razona sobre la posible correlación entre el uso de los mapas conceptuales y los resultados obtenidos en torno a los estilos de aprendizaje de los estudiantes. Desde el punto de vista de CHAEA, puesto que los mapas conceptuales se ven favorecidos por el hecho de que los alumnos tengan una preferencia alta o muy alta en los estilos teórico y pragmático, es posible que en términos generales sea más motivadora la estructuración de ideas que el hecho de que sean aplicables y transferibles de forma inmediata. Por otro lado, atendiendo a [26], con los mapas conceptuales se favorece el estilo visual y sensorial, por lo que coincide con la idea de los autores de que el estilo de enseñanza conecte con estas características de los alumnos. En este sentido, a pesar de no ser valorados por los estudiantes entre las actividades más fáciles y útiles, reforzaría el trabajo por canales visuales, aunque no en la medida en que se ha valorado la construcción de recursos de aprendizaje como los videos.

Por otro lado, se puede establecer correlación entre el buen resultado obtenido por la actividad “atención a la clase magistral” y el hecho de que el grupo haya obtenido una puntuación alta en el estilo teórico.

VII. Conclusiones

En el marco de una asignatura de Ingeniería los estudiantes crean sus propios recursos de aprendizaje y expresan por medio de mapas conceptuales lo que pretenden enseñar y lo que aprenden al trabajar con estos recursos. Para ello, se ha utilizado la herramienta *M-eRoDes* que, a diferencia de otros tutores de aprendizaje, soporta actividades colaborativas y proporciona a los estudiantes un *feedback* automático que permite realizar evaluaciones formativas a lo largo de todo el proceso de aprendizaje.

En concreto, este trabajo se han estudiado las posibilidades de los mapas conceptuales como estrategia para la representación y evaluación del conocimiento adquirido por parte de los estudiantes. También se ha indagado sobre vinculación con los estilos de aprendizaje de los estudiantes del curso. Estos estilos fueron establecidos a partir de cuestionarios reconocidos en la literatura académica.

La primera conclusión es que los estudiantes valoran las estrategias desarrolladas, en particular están satisfechos con los recursos creados y los resultados alcanzados. Estas percepciones y opiniones coinciden con lo obtenido en los cuestionarios de estilos de aprendizaje, donde valoran lo visual y sensorial, por lo que los recursos multimedia les resultan atractivos para su aprendizaje.

Por otro lado, los estudiantes no perciben que sea fácil elaborar los mapas conceptuales. La preferencia moderada por el estilo pragmático, que es coincidente con el análisis de estudiantes universitarios de los autores del CHAEA [24, 28], podría incidir en esta percepción. A este respecto, se debe explorar cómo facilitar la tarea de creación de estos mapas. Sin embargo, sí que perciben la utilidad de estas estructuras de conocimiento, y, por tanto, de su papel en el intercambio de conocimiento y el proceso de evaluación de *M-eRoDes*.

En cualquier caso, hay que destacar que el hecho de que una actividad le cueste más esfuerzo al alumnado en función de su propio estilo de aprendizaje no justifica que el profesorado no deba utilizarla. Bien al contrario, de hecho, la mayor dificultad puede estar mostrando tan sólo un mayor reto para ese grupo y un desafío en pos de alcanzar habilidades para expresar conocimiento a partir de esta estrategia. El propio modelo CHAEA propugna que el alumnado debería trabajar activamente para poder aprender en cualquier circunstancia y actividad de aprendizaje, al margen de su preferencia. Trabajar en esta dirección puede abrir puertas para fortalecer los procesos de autorregulación y autonomía de los estudiantes.

En esta misma línea, hay que destacar que la facilidad y utilidad que el grupo expresa en relación con la clase magistral no debería tampoco justificar un retorno a ese tipo de metodología como elemento central en el proceso, si no valorarla como una actividad complementaria.

La identificación al inicio del proceso de enseñanza y aprendizaje de los estilos del alumnado resulta un aporte para el análisis en mayor profundidad de lo ocurrido durante el proceso, y debería servir para que el profesorado [33, 34] propicie un mayor apoyo en aquellas actividades que se alejen más de la forma natural de aprender del grupo.

En cuanto a las limitaciones del estudio, hay que señalar que se ha trabajado con un grupo-clase lo que limita la posibilidad de generalización de las cuestiones observadas. Por otra parte, ha habido otras variables no controladas en el estudio que han podido incidir en las valoraciones de los estudiantes. Las más relevantes pueden ser: la conformación específica de los grupos, la efectividad de la actividad formativa inicial de introducción a la utilización de mapas conceptuales, así como las variables relacionadas con la personalidad de los estudiantes.

En cualquier caso y para concluir, desde el punto de vista prospectivo, la elaboración de recursos audiovisuales y el uso de mapas conceptuales no son algo específico de la Informática. Por tanto, la propuesta presentada podría aplicarse en asignaturas de otras disciplinas, especialmente en aquellas de últimos cursos del grado o de máster. El recorrido realizado por los alumnos ha propiciado la autorreflexión de los estudiantes sobre su propio aprendizaje y el de sus compañeros, su activa participación en el proceso de aprendizaje y ha permitido a los docentes una evaluación de las estrategias empleadas en función del grupo de estudiantes. Al mismo tiempo se valora el rol de la herramienta *M-eRoDes*, centrada en la Web, que sustenta este modelo y facilita su reutilización por los estudiantes y el profesorado.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por los Proyectos PIIDUZ_16_047 y PIIDUZ_17_078, ambos del Programa de Innovación Docente de la Universidad de Zaragoza.

REFERENCIAS

[1] Pintrich, P. R. "The role of goal orientation in self-regulated learning". In M. Boekaerts, P. R. Pintrich, & M. Zeidner (Eds.), Handbook of self-regulation, San Diego, CA: Academic Press, pp. 452–502, 2000

[2] Baldassarri S., Álvarez P. "M-eRoDes: involucrando a los estudiantes en la creación y evaluación colaborativa de objetos de aprendizaje". XXII Jornadas sobre la Enseñanza Universitaria de la Informática (Jenui'2016), pp. 195-202, 2016.

[3] Coma T., Aguelo A., Alvarez P., Sanz C., Baldassarri S. "Estilos de aprendizaje en actividades basadas en el uso de mapas conceptuales", IV Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad (CINAIC 2017), pp. 503-508, 2017, DOI: 10.26754/CINAIC.2017.000001_106.

[4] Al-Nakhal, M., Abu Naser, S.S. "Adaptive Intelligent Tutoring System for Learning Computer Theory". European Academic Research, vol. 4, no.10, pp. 8770-8782, 2017

[5] Paiva R.C., Ferreira M.S., Frade M.M. "Intelligent tutorial system based on personalized system of instruction to teach or remind mathematical concepts". Journal of Computer Assisted Learning, vol. 33, no. 4, pp. 370-381, 2017.

[6] Ahmed, M.U., Sangi, N., Mahmood, A. "A Model of Adaptive E-Learning in an ODL Environment". Mehran University Research Journal of Engineering and Technology, vol. 37, no. 2, pp. 367-382, 2018.

[7] Myneni, L.S., Narayanan, N.H., Rebello, S., Rouinfar, A., Pumtambekar, S. "An Interactive and Intelligent Learning System for Physics Education". IEEE Transactions on Learning Technologies, vol. 6, no. 3, pp. 228-239, 2013.

[8] Muhammad, A., Zhou, Q., Beydoun, G., Xu, D., Shen, J. "Learning path adaptation in online learning systems". IEEE 20th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD-2016), pp. 421-426, 2016.

[9] Van Seters, J.R., Ossevoort, M.A., Tramper, J., Goedhart, M.J. "The influence of student characteristics on the use of adaptive e-learning material", Computers & Education, vol. 8, no. 3, pp.942-952, 2012.

[10] Lekkas, Z., Germanakos, P., Tsianos, N., Mourlas, C., Samaras, G. "Personality and Emotion as Determinants of the Learning Experience: How Affective Behavior Interacts with Various Components of the Learning Process", Human-Computer Interaction. Applications and Services, Springer Berlin Heidelberg, pp. 418-427, 2013.

[11] Klašnja-Milićević, A., Vesin, B., Ivanović, M., Budimac, Z. "E-Learning personalization based on hybrid recommendation strategy and learning style identification", Computers & Education, vol. 56, no. 3., pp. 885-899, 2011.

[12] Suebnukarn, S., Haddawy, P. "A Collaborative Intelligent Tutoring System for Medical Problem-based Learning", Proceedings of the 9th International Conference on Intelligent User Interfaces (IUI 2004), pp. 14-21, 2004.

[13] Trumpower, D., Filiz, M., Sarwar, G. S. "Assessment for Learning Using Digital Knowledge Maps". Springer, pp. 221-237, 2014

[14] Kandil Ingeç, S. "Analysing Concept Maps as an Assessment Tool in Teaching Physics and Comparison with the Achievement Tests". International Journal of Science Education, vol. 31, no. 14, pp. 1897–1915, 2009.

[15] Clariana, R.B. "Deriving Individual and Group Knowledge Structure from Network Diagrams and from Essays". Boston, MA, Springer US, 2010, pp. 117–130.

[16] Awati, A. S., Dixit, A. "Automated evaluation framework for student learning using concept maps". International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology, 3(1), pp. 452–461, 2017.

[17] Anohina-Naumeca, A., Grundspenkis, J., Strautmane, M. "The concept map-based assessment system: functional capabilities, evolution, and experimental results". International Journal of Continuing Engineering Education and Life-Long Learning, 21(4), pp. 308–327, 2011.

[18] Gouli, E., Gogoulou, A., Papanikolaou, K., Grigoriadou, M. "Evaluating learner's knowledge level on concept mapping task". International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'05), pp. 424–428, 2005

[19] Lin, S.C., Chang, K.E., Sung, Y.T., Chen, G.D. "A new structural knowledge assessment based on weighted concept maps", International Conference on Computers in Education, 1, pp. 679–680, 2002.

[20] Filiz, M., Trumpower, D., Vanapalli, A. "Exploring the mobile structural assessment tool: Concept maps for learning website". Revista Colombiana de Estadística, Current Topics in Statistical Graphics, 37(2), pp. 297–317, 2014.

[21] Bobadilla S, Cardoso Jiménez D, Carreno˜ Saucedo L, Márquez Gómez JO. Estilos de aprendizaje en estudiantes de la licenciatura en psicología del centro universitario UAEM Temascaltepec, 2016. RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo, 2017;7:34-50. 3.

[22] Kolb, D. "Experiential Learning: Experience as the source of Learning and Development". Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, 1984.

[23] Kolb D.A. Experiential learning: Experience as the source of learning and development. United States of America: Pearson Education, Inc, 2015 2ª Ed.

[24] Alonso, C., Gallego, D., Honey, P. "Los Estilos de Aprendizaje. Procedimientos de diagnóstico y mejora". Bilbao: Ediciones Mensajero. Universidad de Deusto, 1994.

[25] Lugo, J., Rodríguez Hernández, G., Luna, E. "El cuestionario de estilos de aprendizaje CHAEA y la escala de estrategias de aprendizaje ACRA como herramienta potencial para la tutoría académica". Revista de Estilos de Aprendizaje, 10 (10), pp. 148-171, 2012.

[26] Felder, R.M., Silverman, L.K. "Learning and Teaching Styles in Engineering Education". Engr. Education, 78(7), pp. 674–681, 1988.

[27] Camarero F., Martín del Buey F. y Herrero, J. "Estilos y estrategias de aprendizaje en estudiantes universitarios", Psicothema, vol. 12, No. 4, pp. 615-622, 2000.

[28] Alonso, C.M. (1992) "Estilos de aprendizaje: Análisis y Diagnóstico en Estudiantes Universitarios". vol. I y II. Madrid: Editorial Universidad Complutense, 1992.

[29] Kumar A., Singh N, Jyothi Ahuja, N. "Learning styles based adaptive intelligent tutoring systems: document analysis of articles published between 2001 and 2016". International Journal of Cognitive Research in Science, Engineering and Education, vol. 5, No. 2, pp. 83-98, 2017.

[30] Baldassarri S., Álvarez P. "Collaborative learning based on semantic technologies: An experience in computer science engineering". The 9th annual International Conference on Education and New Learning Technologies (EDULEARN 2017), Barcelona, Spain, 2017.

[31] Álvarez P., Baldassarri S. "eRoDes: a Web-based framework for the development of semantic-enhanced learning objects". The Eleventh International Conference on Internet and Web Applications and Services (ICIW 2016), pp. 1-6, 2016.

[32] Manual de estilos de aprendizaje. "Material autoinstruccional para docentes y orientadores educativos (2017, 19 Junio)". Disponible en http://biblioteca.ucv.cl/site/colecciones/manuales_u/Manual_Estilos_de_Aprendizaje_2004.pdf

[33] Rodríguez H, Pirul J, Robles J, Pérez L, Vásquez E, Galaz I, et al. Análisis de los estilos de aprendizaje en alumnos de Medicina de la Universidad de Chile. Educación Médica, 2017.

[34] Hernández RM. La estrategia didáctica frente a los estilos de aprendizaje en la educación superior. Educ Med. 2018. https://doi.org/10.1016/j.edumed.2017.10.034

Teresa Coma Roselló. Dra. en Psicología y Aprendizaje por la Universidad de Zaragoza (UZ) desde el año 2016. Licenciada en Pedagogía Social por la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB) y Diplomada en Magisterio Educación Especial por la Universidad de Zaragoza. Máster Intervención Psicológica con DBM® por la Universidad de Valencia (UV). Desde 2006, profesora asociada del Departamento de Psicología y Sociología, área Psicología Social de la Universidad de Zaragoza. Asesora de la Cátedra de Cooperación para el Desarrollo y Miembro del grupo de Investigación en Interfaces Avanzadas /AffectiveLab de la Universidad de Zaragoza y del Grupo internacional de Investigación y Desarrollo TEIAS. Líneas de investigación: empatía, orientación, participación y trabajo en equipo, competencias interpersonales, gestión del desempeño, inclusión y ECG. Participación en diversos proyectos de investigación y de innovación docente.

Antonio Aguelo Arguís. Dr. en Sociología por la Universidad de Zaragoza (UZ) desde el año 2011. Licenciado en Pedagogía Social por la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB) y Diplomado en Magisterio Educación Especial por la Universidad de Zaragoza. Desde 2001, profesor asociado del área de Psicología social del departamento de Psicología y Sociología de la Universidad de Zaragoza. Grupo de Investigación en Interfaces Avanzadas /AffectiveLab de la Universidad de Zaragoza y del Grupo internacional de Investigación y Desarrollo TEIAS. Líneas de investigación: gestión del desempeño, competencias, trabajo en equipo, inteligencia emocional y empatía. Participación en diversos proyectos de investigación y de innovación docente.

Pedro Álvarez. Dr. en Ingeniería en Informática desde el año 2004. Es profesor en el Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas (UZ) desde el año 2000. En la actualidad, dirige el grupo de I+D en Computación Distribuida (DisCo) de la Universidad de Zaragoza. Su investigación se centra en torno a la propuesta de soluciones a problemas complejos (intensivos en datos y/o cómputo) utilizando infraestructuras híbridas de computación (clúster, grid y cloud). Los resultados de este trabajo se están aplicando al campo de la inteligencia del negocio, la Web semántica y, recientemente, el e-learning. El interés en este último dominio le ha llevado a participar estos últimos años en diez proyectos de innovación docente y distintas experiencias en el aula. En general, los resultados de su investigación están avalados por más de un centenar de publicaciones en revistas y congresos internacionales y nacionales de referencia en su campo de trabajo. Además, ha participado en una treintena de proyectos de I+D+I de convocatorias regionales, nacionales y europeas, así como en proyectos de transferencia tecnológica a la Administración Pública y a empresas privadas.

Cecilia Sanz. Dra. en Ciencias Informáticas (UNLP). Lic. en Informática (UNLP). Es Profesor titular con dedicación exclusiva de la Facultad de Informática de la Universidad Nacional de La Plata. Es Investigador Asociado de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Prov. De Buenos Aires. Directora de la Maestría en Tecnología Informática Aplicada en Educación. Es miembro y Directora de Proyectos en el Instituto de Investigación en Informática LIDI (UNLP). Ha participado en diversos proyectos del ámbito nacional e internacional. Cuenta con numerosas publicaciones en revistas y congresos del ámbito nacional e internacional. Líneas de investigación de interés: TIC y Educación, Trabajo colaborativo mediado por tecnologías digitales, Interacción Persona-Ordenador y Educación, Metodologías para el diseño y producción de materiales educativos digitales.

Sandra Baldassarri (M'99–SM'03) es licenciada en Ciencias de la Computación por la Universidad de Buenos Aires (Argentina) y doctora en Ingeniería Informática por la Universidad de Zaragoza (España) en 2004. Desde 1996 es profesora en el Área de Lenguajes y Sistemas Informáticos de la Universidad de Zaragoza (España), actualmente como Contratada Doctora. Es miembro fundadora del grupo de investigación GIGA AffectiveLab y miembro del Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A), ambos de la Universidad de Zaragoza. Sus áreas de investigación incluyen la interacción persona-ordenador, computación afectiva, las interfaces multimodales, las interfaces naturales y tangibles, los personajes virtuales emocionales, las diferentes técnicas de interacción aplicadas a la educación y, en particular a la educación especial. En estas áreas de trabajo ha publicado numerosos artículos en revistas y congresos, tanto nacionales como internacionales; y es revisora habitual de revistas y conferencias del ámbito de la IPO. Ha participado en gran cantidad de proyectos de investigación, como en proyectos de innovación docente, tanto en el ámbito regional, como nacional e internacional.

Características y Utilidades de un Laboratorio Virtual de Máquinas de Inducción en el Entorno Docente

John Milton Ramírez Romero y Sergio Raúl Rivera Rodríguez, *Senior Member*

CÓMO REFERENCIAR ESTE ARTÍCULO:

John Ramírez, Sergio Rivera. "Characteristics and Functions of a Virtual Laboratory of Induction Machines in the Teaching Environment", IEEE-RITA, Nov. 2018, Volume 13, Issue 4, Pages 130-135

DOI: https://doi.org/10.1109/RITA.2018.2879263

***Title*— Characteristics and Functions of a Virtual Laboratory of Induction Machines in the Teaching Environment**

***Abstract*— This paper presents the development and implementation of a Virtual Laboratory that allows to recreate the fundamental aspects of induction machines tests. These machines are widely used in the industry and their tests require a good preparation of the personnel that manipulates them. The proposed laboratory recreates the Electrical Machines Laboratory of the National University of Colombia that has the necessary equipment to develop tests to induction machines. Among the advantages of the proposed laboratory, the Virtual Laboratory of Induction Machines (LVMI) facilitates student inclusion and can be used by educational institutions as a component for the expansion of academic coverage. The LVMI can also be used for other educational purposes, for instance, it can be used in statistics for the study of correlation and trend curves. This document shows the background, usefulness and characteristics of this project. Since it is a material that the National University of Colombia has prepared for the general public, readers are invited to use this material.**

***Index Terms*— Inclusivity, Induction Machine, Optimization; Simulation, Virtual Laboratory.**

I. Introducción y Antecedentes

La Dirección Nacional de Innovación Académica (DNIA) de la Universidad Nacional de Colombia es una dependencia encargada de dar asesoría y soporte a estudiantes, docentes y demás en el uso y desarrollo de medios y tecnologías de información y comunicación (también conocidos como MTICs) [1]. En el 2017, la DNIA creó un simulador de ensayos a máquinas de inducción llamado Laboratorio Virtual de Máquinas de Inducción (de aquí en adelante llamado LVMI) para el Laboratorio de Máquinas Eléctricas de la Universidad Nacional.

Los laboratorios virtuales son una innovación pedagógica en la rama de ingeniería consistente en aplicaciones computarizadas que han revolucionado los ambientes de aprendizaje al poder simular el comportamiento físico de configuraciones experimentales [2], [3].

Los ensayos que se realizan a las máquinas de inducción dentro de los laboratorios de la Universidad son presenciales. Debido a los riesgos que se derivan del trabajo con máquinas eléctricas y a los costos de la reparación de los daños de los dispositivos involucrados, se decidió desarrollar el proyecto LVMI. Para disminuir los riegos mencionados, los estudiantes deben trabajar primero con el LVMI, para después realizar los montajes físicos de las máquinas de inducción. De esta manera, a través de un computador, un alumno puede recrear las condiciones de una práctica o un experimento contenido en el laboratorio. Esta característica es ideal para recrear el funcionamiento de un sistema cuyo ambiente es potencialmente peligroso antes de que el alumno se enfrente físicamente con las máquinas y equipos reales [4].

El LVMI tiene como antecedente directo el desarrollo del Trabajo de Grado titulado *Desarrollo de un Laboratorio Virtual computarizado de un transformador monofásico (LVTM) para el Laboratorio de Conversión Electromagnética*, desarrollado por J. Ramírez y dirigido por el Ing. S. Rivera (autores de este artículo). El producto final de este trabajo es un software que simula los aspectos fundamentales de los ensayos realizados en el Laboratorio [5] a estos dispositivos, los cuales son usados en distribución de energía eléctrica. Los usuarios pueden descargar el simulador desde la página web *Laboratorio Virtual de Transformadores Monofásicos*, que se encuentra en el site de *Experiencias Innovadoras* de la Universidad Nacional (el link es: http://www.virtual.unal.edu.co/innovaciones/lvtm). Cualquier persona con conexión a Internet y una computadora con sistema operativo Windows ® puede descargar el Simulador.

El LVMI fue desarrollado entre los meses de mayo y noviembre de 2017, consiste en un software que cuenta con módulos para la simulación del cableado de máquinas de inducción a dispositivos de alimentación, protección y medición. La descripción de los antecedentes, las características del LVMI, su utilidad en procesos de inclusión académica, sus ventajas de su uso en la educación basada en Internet y los posibles usos que se pueden dar al simulador en otros contextos educativos se muestran a lo largo de este documento.

II. Ensayos en las Máquinas de Inducción

Wildi describe los motores de inducción como máquinas eléctricas de inducción que se usan ampliamente en la

Manuscrito recibido el 3 de febrero de 2018; revisado 20 de julio; aceptado 18 de septiembre.

English versión received September, 18th, 2018. Revised October, 9th. Accepted October, 28th.

J. Ramírez, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá (Colombia); email: jmramirezro@unal.edu.co.
ORCID: orcid.org/0000-0002-0982-2284

S. Rivera, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá (Colombia); email: srriverar@unal.edu.co.
ORCID: orcid.org/0000-0002-2995-1147

industria ya que son simples, baratas, resistentes y su operación es sencilla [6], [7]. Operan con conexiones eléctricas trifásicas. Se usan en una gran cantidad de aplicaciones dentro de la industria (por ejemplo, para generar movimiento rotativo en herramientas de corte y fresado). En la figura 1 se muestra la fotografía de un motor de inducción y en la figura 2, su representación en el LVMI.

Las pruebas que se realizan para conocer sus parámetros internos se conocen como Ensayo de Vacío (se pone en marcha el motor sin conectar mecánicamente ningún elemento en su rotor) y Ensayo de Rotor Bloqueado (sujetar el rotor mecánicamente con un freno y alimentarlo apropiadamente para tomar mediciones de corrientes, tensiones y potencias para conocer sus pérdidas) [6].

En el ensayo de rotor bloqueado se trabaja con corrientes que deben llegar a las nominales de la máquina. Según el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE, las corrientes altas pueden provocar daños en el organismo asociados a quemaduras y desfibrilaciones [8]. En su interior los motores tienen bobinas de cable de cobre cubiertos con esmalte, éste se deteriora si se aplica una corriente muy alta durante un tiempo prolongado. Por ello, si el alumno sobrepasa el tiempo límite dañará el aislamiento, lo que ocasionará un daño serio al motor.

En el ensayo de vacío, los riesgos están asociados al giro del rotor y a las corrientes altas de arranque. Si los alumnos con pelo largo no usan algún medio para sujetarlo, usan ropa holgada o con secciones largas (por ejemplo, una bufanda), se pueden enredar en el rotor provocando daños físicos serios.

III. El Proyecto LVMI

El LVMI es un simulador de ensayos de rotor bloqueado y de vacío a motores de inducción. Antes de desarrollar las prácticas en un motor real, los alumnos usan el LVMI para recrear las conexiones de los ensayos y hacen las mediciones. La Universidad Nacional ha dispuesto este software y sus manuales al público, se puede descargar desde la página de internet http://168.176.60.11/cursos/ingenieria/electrica/.

Los alumnos recrean la conexión del motor desde el tablero de protecciones, pasando por la caja de paso, hasta el motor y el Analizador de Redes. En la Figura 3 se muestra la conexión de un motor para un ensayo de vacío, incluyendo el Analizador de Redes (derecha) y los Transformadores de Corriente (centro).

Una de las ventajas del uso del LVMI está relacionada con el entrenamiento que los alumnos reciben para la conexión de un Analizador de Redes, el cual es un dispositivo que se usa actualmente para realizar mediciones de tensión, corriente y potencia. En la Figura 4 se muestra el Analizador de Redes junto con el Variac (dispositivo que permite variar la tensión de entrada) y el arrancador estrella-delta (permite poner en marcha el motor).

Dentro de la academia, el LVMI se utilizará como un recurso que será usado antes de las prácticas presenciales. Con ello, adquieren destrezas que facilitarán su aprendizaje. Dado que los Laboratorios usados en la industria para realizar estos ensayos son muy similares, los usuarios del LVMI pueden retomar su uso y reforzar sus conocimientos para su ejercicio laboral.

El enfoque del LVMI está centrado en el aprendizaje paso a paso, indicando al alumno cuáles cables debe conectar en los bornes (puntos de conexión), estableciendo una secuencia de cableado similar a la que se realiza en las prácticas reales. A diferencia del Laboratorio Virtual de Transformadores Monofásicos [5], el LVMI cuenta con gráficos más realistas y reproduce las características más relevantes de los elementos involucrados en el proceso de aprendizaje. En la Figura se muestra una parte de las conexiones realizadas a un motor durante un ensayo (en este caso, es un ensayo de rotor bloqueado). Los cables tienen colores diferentes para facilitar al alumno la identificación de las conexiones que se van realizando.

Es importante generar conciencia a los alumnos acerca del uso de los implementos de seguridad necesarios para el desarrollo de los laboratorios. Para ello, el LVMI cuenta con un módulo llamado Almacén, en el cual los alumnos deben proveerse de un overol, gafas de protección, guantes y botas. En la Figura 5 se muestra la pantalla de este módulo. Si el usuario no lleva a su inventario la totalidad del equipo necesario, el LVMI impedirá al usuario realizar los ensayos. Desde el almacén, el usuario también selecciona uno de los motores para realizar la práctica.

El LVMI cuenta con un editor que permite añadir y editar motores de inducción. Los usuarios toman nota de las mediciones obtenidas de un motor real, obtienen los coeficientes de la correlación de las variables de tensión, corriente y potencia realizando los pasos descritos en el manual del usuario e ingresan los datos obtenidos en el editor de máquinas [9].

Figura 1. Motor de inducción. Fuente: los autores

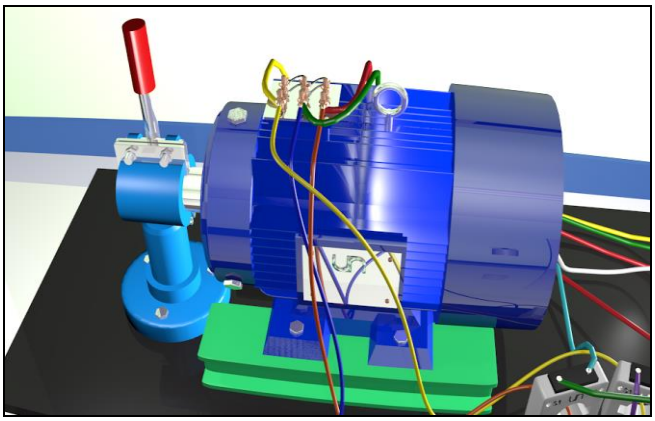

Figura 2. Motor de inducción incluido en el LVMI. Fuente: los autores

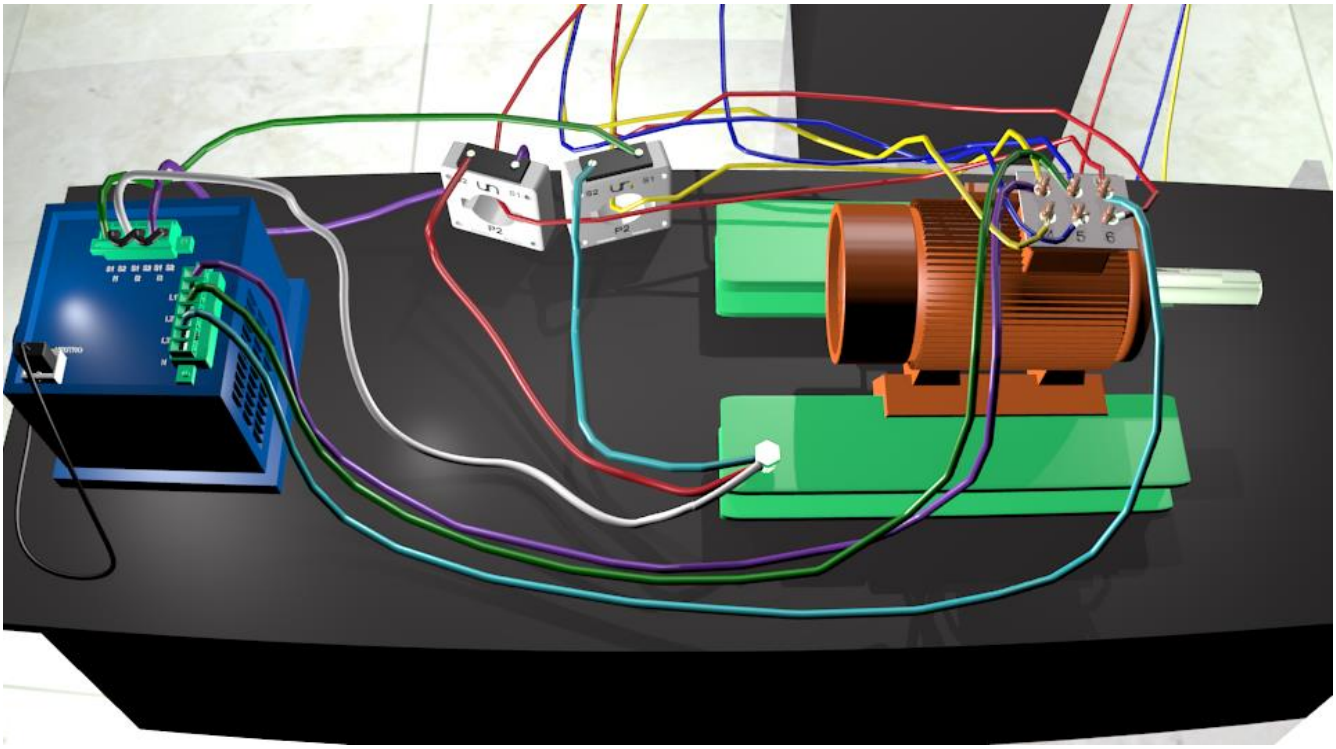

Figura 3. Ensayo de vacío en el Laboratorio Virtual de Motores de Inducción. Fuente: los autores

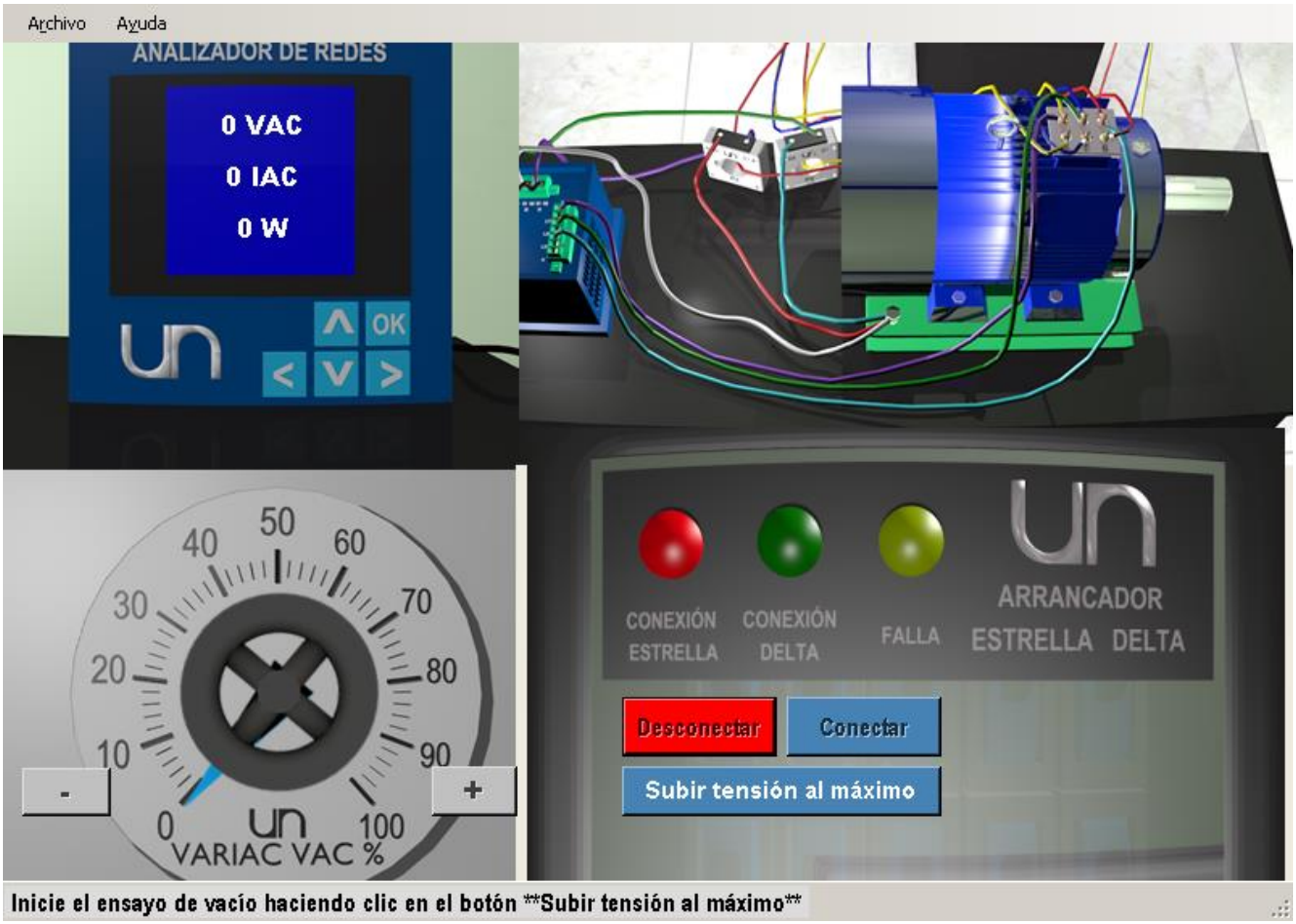

Figura 4. Toma de datos en el ensayo de vacío. Fuente: los autores

El software también permite editar y seleccionar para el motor hasta cuatro carcasas incluidas. El proceso del editor de motores corresponde a una vez seleccionado el motor a trabajar, el software conoce el circuito equivalente de este (Figura 6) y la salida de datos se presentará en la representación del analizador de redes (Figura 7).

Los usuarios más experimentados del LVMI pueden omitir la realización de conexiones cuando hayan alcanzado un número mínimo de ensayos efectuados (el simulador

Figura 5. Almacén del LVMI. Fuente: los autores.

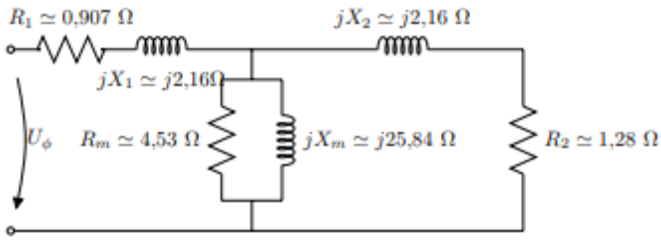

Figura 6. Circuito equivalente del motor seleccionado. Fuente: los autores

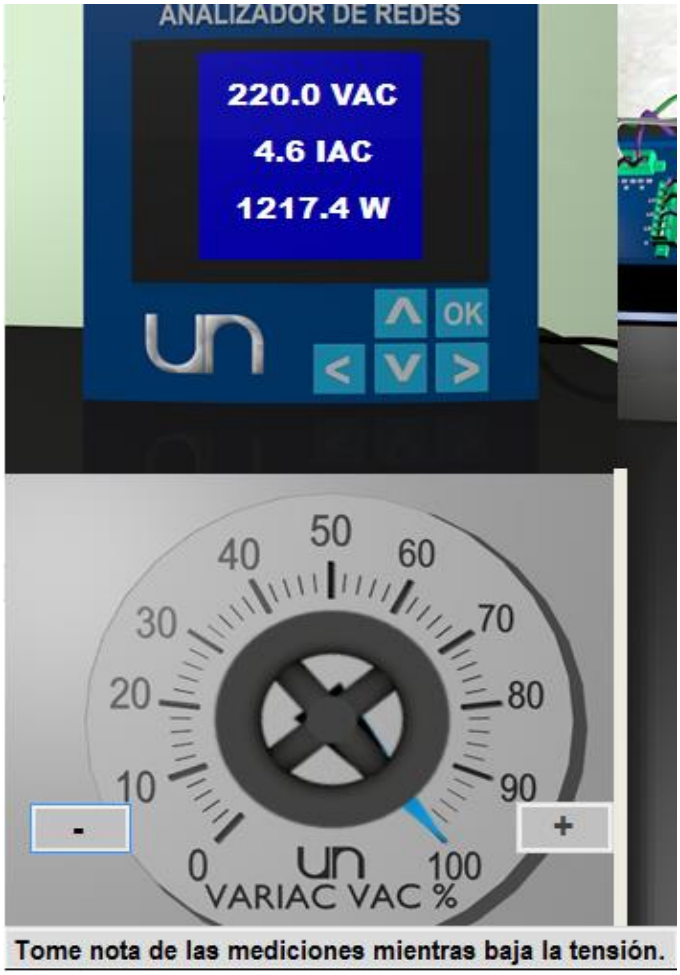

Figura 7. Salida de datos en la representación del analizador de redes utilizado en el laboratorio a medida que se varia la tensión. Fuente: los autores

publica este dato en la pantalla de inicio). De allí en adelante, pueden omitir la realización de conexiones y centrarse en la toma de datos. Se invita a los lectores descargar el LVMI y sus manuales a través del link que se presentó en la sección III.

IV. El LVMI y su papel dentro de la Inclusividad Educativa

La inclusión es un término que define los procesos de apoyo a la superación de obstáculos que ejercen limitaciones a los estudiantes en su asistencia y participación a las clases. La UNESCO dirige la compresión de la Educación Inclusiva para que el sistema educativo se fortalezca, a través de la eliminación de todas las barreras que les impide a los estudiantes con diferencias individuales disfrutar de una educación de calidad para todos. La UNESCO también invita a los responsables de la política educativa de las naciones a apoyar la inclusividad educativa a través de la reglamentación y el financiamiento de los sistemas educativos [10].

Una definición más amplia de la inclusión es mostrada por Escribano y Martínez, enfocando este término a las oportunidades a las que puede acceder las personas diferentes para su participación dentro de diferentes actividades (ya sean actividades económicas, consumo, educativas, sólo por nombrar algunos ejemplos) [11].

Examinando el entorno de las máquinas eléctricas, los Laboratorios Virtuales permiten a la población con necesidades especiales obtener una aproximación a las condiciones reales del desarrollo de las prácticas, esto es muy útil en la población que puede tener limitaciones motrices.

Dentro del Laboratorio de Máquinas Eléctricas, el uso de Laboratorios Virtuales fortalece la Inclusividad al permitir a los alumnos con discapacidades la realización a las prácticas sin entorpecer su proceso de aprendizaje. Así mismo, recordando el lema de la UNESCO *todos las y los estudiantes cuentan por igual*, los alumnos podrán tener la oportunidad de aprender los aspectos fundamentales de la realización de los ensayos a las máquinas de inducción.

Aun cuando los procesos de inclusividad se dirigen hacia la población estudiantil con necesidades educativas especiales, también se debe resaltar que la población estudiantil que no se encuentra en condiciones especiales también podrían beneficiarse del LVMI. Aquellos estudiantes de otras sedes de la Universidad o de otras instituciones que no cuentan con la infraestructura ni los recursos para crea un Laboratorio de Máquinas Eléctricas, pueden usar el LVMI como un instrumento efectivo para la transmisión de conocimientos entre docentes y alumnos.

Ya que el internet puede llegar a zonas apartadas, se puede fortalecer la inclusividad al permitir a sus habitantes el acceso al LVMI. Es muy probable que en esos lugares no sea factible la creación de un Laboratorio de Máquinas Eléctricas, pero se haga necesario el aprendizaje de sus ensayos.

V. El LVMI y su papel como facilitador en la transmisión del conocimiento

El desarrollo histórico de Colombia ha estado limitado, entre otros factores, a su geografía. Los habitantes de las zonas más apartadas del país (casi todas ellas son rurales) tienen dificultades para acceder a la educación desde los niveles más básicos hasta los estudios técnicos y universitarios. En el 2017, la Corte Constitucional obligó al Gobierno Nacional a tomar medidas que faciliten el acceso de la educación de niños y jóvenes de zonas apartadas [12].

Los criterios económicos y técnicos redirigen la atención de las soluciones a aplicar hacia el uso de las TICs, ya que

éstas permiten que las instituciones hagan presencia en zonas con dificultades de acceso.

Tanto el LVMI, como cualquier simulador, permitirán al Gobierno Nacional reducir costos e incrementar la cobertura y la oferta académica. En el momento de la elaboración de este artículo, la forma más eficiente y sencilla de llevar las aulas a las zonas apartadas es una combinación de sistemas de comunicaciones basadas en la Internet, y el desarrollo de material didáctico computarizado.

Soltani y Aliyev resaltan algunas ventajas de la educación virtual basadas en la Internet: no es necesario que los alumnos estén presentes en las aulas, la información puede ser ofrecida en alta calidad, se pueden aclarar dudas de una gran cantidad de estudiantes, se facilita el acceso a librerías digitales y se incrementa el nivel científico de la comunidad [13]. Dentro del estudio de las máquinas de inducción, el LVMI es un ejemplo de las ventajas descritas anteriormente.

El nivel de desarrollo de las bases de datos y la facilidad del acceso a su información contenida permitirá incluir otras características. Mejía y otros realizan recomendaciones en educación virtual, entre ellas, la creación de un módulo que registre el historial del aprendizaje de lectura de los alumnos [14]. Si se generaliza esta recomendación y se aplica al LVMI, la información de la evolución de la adquisición del conocimiento por parte de los alumnos permitirá a los docentes redirigir sus esfuerzos hacia vías más eficientes de uso del simulador, tal como un médico usa la historia médica de un paciente para decidir el tratamiento a seguir.

VI. Utilidades del LVMI

Dentro de las utilidades estimadas del LVMI, se pueden encontrar:

- Realización de ejemplos de toma de datos dentro de un entorno práctico para la realización del análisis de correlación y hallazgo de curvas de tendencia de primer y segundo grado, útil en el desarrollo de clases de probabilidad y estadística. Lay muestra ejemplos de aproximaciones cuadráticas de parejas de datos, los estudiantes pueden usar el simulador para obtener datos con los que pueden desarrollar ejercicios de estas áreas [15].
- Simulación de toma de datos de ensayos de rotor bloqueado y de vacío de máquinas de inducción.
- Aprendizaje del cableado de máquinas de inducción desde su fuente de alimentación hasta el instrumento de medición.
- Enseñanza de la secuencia de cableado de un Analizador de Redes a máquinas de inducción. La Asea Brown Boveri (ABB) distribuye Analizadores de Redes y en sus manuales de usuario muestran una completa descripción de los conectores de estos dispositivos [16]. Por ejemplo, se muestran los diagramas de cableado que se debe realizar, junto con los transformadores de corriente y la carga, para efectuar la conexión Aron. De la Hoz describe el proceso para la determinación de la potencia activa trifásica en circuitos balanceados y desbalanceados empleando esta conexión [17].
- Aprendizaje del cableado de alimentación a tensión variable de un dispositivo de corriente alterna con un tablero de protecciones.
- Dentro de las clases en las materias de Máquinas Eléctricas y Conversión Electromagnética, el LVMI sirve para generar ejemplos prácticos de obtención de parámetros del circuito equivalente de Máquinas de Inducción. Casals realiza la descripción de una práctica de laboratorio de máquinas de inducción describiendo su estructura física, las fórmulas que describen su funcionamiento, el proceso de obtención del circuito equivalente, las conexiones trifásicas, la utilidad del arrancador estrella triángulo y el cambio en su sentido de giro [18]. El LVMI puede ser usado para complementar las prácticas propuestas similares por los docentes en el área de electrotecnia.
- La nueva herramienta (LVMI) ha mejorado la adquisición de destrezas por parte del alumnado. Estos se pueden comprobar con los datos recolectados después del primer semestre de uso de este laboratorio. La tasa de aprobación del curso subió de 76% a 89%. Disminuyo el número de fusibles dañados por semestre en los 4 grupos que se dicta la materia, de 8 fusibles por semestre se bajó a 2. La apreciación de la calidad del curso subió de 85% a 96%. Subio la inscripición al curso, donde por semestre era dictado a 30 personas y ahora se dicta a 36.

VII. Conclusiones

El Laboratorio Virtual de Máquinas de Inducción permite complementar la educación presencial efectuada en el Laboratorio de Máquinas Eléctricas, permitiendo a los alumnos recrear previamente las actividades de las prácticas relacionadas con motores de inducción.

Un Laboratorio Virtual no debe ser entendido como un sustituto de un Laboratorio Real, sino como un modelo que recrea unas condiciones controladas con el fin de transmitir conocimiento generado en un entorno delimitado. En el caso del LVMI, se debe entender como un modelo que describe los aspectos fundamentales del comportamiento de un motor. En una práctica real ocurren muchos otros fenómenos que son objeto de estudio académico, pero que no están incluidos actualmente en el LVMI.

La libre distribución del Laboratorio Virtual de Máquinas de Inducción facilitará su difusión dentro de la comunidad académica. Tanto los alumnos como los docentes deben tener en cuenta que este proyecto no debe considerarse como un producto definitivo, por lo que es importante la retroalimentación entre usuarios y desarrolladores para el desarrollo de nuevas versiones que amplíen sus funcionalidades.

El desarrollo de Laboratorios Virtuales dentro de las aulas fortalece los procesos de inclusión educativa al permitir a alumnos con condiciones especiales su inclusión dentro del sistema educativo. En concreto, el Laboratorio de Máquinas Eléctricas de la Universidad Nacional cuenta con dos Laboratorios Virtuales, el financiamiento de otros proyectos que permitan cubrir la totalidad de las prácticas desarrolladas fortalecerá el proceso educativo.

REFERENCIAS

[1] Universidad Nacional de Colombia - Dirección Nacional de Innovación Académica, "Acerca de la DNIA.," [Online] Disponible en: http://www.virtual.unal.edu.co/quienes-somos. Consultado: enero 16 de 2018.

[2] E. Stark, P. Bisták and E. Kučera, "Virtual laboratory with experiment manager implemented into Moodle," 2018 Cybernetics & Informatics (K&I), Lazy pod Makytou, Slovakia, 2018, pp. 1-6.

[3] J. Ramirez and S. Rivera, "Aplicación del ciclo de vida y el análisis estructurado en el desarrollo de un laboratorio virtual de transformadores monofásicos," Revista Educación en Ingeniería, v. 12, n. 23, 2017, p. 43-48.

[4] S. B. Nolen and M. D. Koretsky, "Affordances of Virtual and Physical Laboratory Projects for Instructional Design: Impacts on Student Engagement," in IEEE Transactions on Education (early access).

[5] Universidad Nacional de Colombia. Laboratorio virtual de transformadores monofásicos (2017). [online] Disponible en: http://www.virtual.unal.edu.co/innovaciones/lvtm. Consultado: enero 16 de 2018.

[6] College of Engineeering of Pune. "Blocked-Rotor Test". [Online] Disponible en: iitg.vlab.co.in/?sub=61&brch=168&sim=916&cnt=2. Consultado: abril 11 de 2018.

[7] Wildi, T. Máquinas eléctricas y sistemas de potencia. México D.F.: Pearson. 2007.

[8] República de Colombia – Ministerio de Minas y Energía. "Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE" [Online] Disponible en: https://www.minminas.gov.co/documents/10180/1179442/Anexo+General+del+RETIE+vigente+actualizado+a+2015-1.pdf/57874c58-e61e-4104-8b8c-b64dbabedb13. Consultado: abril 11 de 2018.

[9] Ramírez, J. Laboratorio Virtual de Motores de Inducción – Manual Técnico (2018). [Online] Disponible en: http://168.176.239.58/cursos/ingenieria/electrica/assets/manualtecnico.pdf. Consultado: abril 12 de 2018.

[10] UNESCO. Guía para asegurar la inclusión y la equidad en la educación. [online] Disponible en: http://unesdoc.unesco.org/images/0025/002595/259592s.pdf. Consultado: enero 30 de 2018.

[11] Escribano, A. y Martínez, A. Inclusión Educativa y Profesorado Inclusivo. Narcea S.A. Madrid. 2013. ISBN: 978-84-277-1906-4. pag.25

[12] Colprensa. "Gobierno debe garantizar educación en las zonas más apartadas del país: Corte". [online] Disponible en: http://www.elcolombiano.com/colombia/gobierno-debe-garantizar-educacion-en-las-zonas-mas-apartadas-del-pais-corte-HF6214696. Consultado: abril 12 de 2018.

[13] M. Soltani and A. Aliyev, "Virtual teaching at the education centers," *2011 5th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT)*, Baku, 2011. [Online] Disponible en: http://ieeexplore.ieee.org.ezproxy.unal.edu.co/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6110948&isnumber=6110878. Consultado: abril 12 de 2018.

[14] C. Mejia, S. Gomez, L. Mancera and S. Taveneau, "Inclusive Learner Model for Adaptive Recommendations in Virtual Education," *2017 IEEE 17th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*, Timisoara, 2017, pp. 79-80. [Online] Disponible en: http://ieeexplore.ieee.org.ezproxy.unal.edu.co/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8001723&isnumber=8001692. Consultado: abril 12 de 2018

[15] Lay, D. Álgebra lineal y sus aplicaciones. Pearson Educación, México 2007. 3° ed. ISBN 978-970-26-0906-3. Pag. 439 y 440.

[16] Asea Brown Boveri ABB. ANR96 Electrical Multifunction Analyzer – User manual. [online] Disponible en: https://library.e.abb.com/public/7d414a13202d4ebdbc451f99287a95aa/ANR96%20IM125-U-A%20v4%204.pdf. Consultado: enero 31 de 2018. Pag. 17 y 18.

[17] De la Hoz, J. Máquinas Eléctricas I: Prácticas. Ediciones UPC. Barcelona, 2006. Volumen 1.pag 36 y 37. ISBN: 978-84-8301-870-5

[18] Casals, P y Bosch, R. Máquinas eléctricas: aplicaciones de ingeniería eléctrica a instalaciones navales y marinas. Ediciones UPC. Barcelona, 2005. Pag 37 – 41. ISBN: 84-8301-813-6.

J. Ramirez es Ing. Electricista de Universidad Nacional de Colombia (2016), Bachiller Técnico en Sistemas y Computación del Instituto Técnico Industrial Piloto; programador de Laboratorios Virtuales de Transformadores Monofásicos (2016), Máquinas de Inducción (2017) y Ensayos de Tensión a Varillas de Acero (2017). e-mail: jmramirezro@unal.edu.co ORCID: orcid.org/0000-0002-0982-2284.

Sergio Rivera Rodríguez, PhD. Ingeniero Electricista de Universidad Nacional de Colombia (2001); Especialista en Ingeniería Eléctrica con Énfasis en Sistemas de Distribución (2004), PhD en Ingeniería Eléctrica del Instituto de Energía Eléctrica, Universidad Nacional de San Juan (2011). Postdoctorado Asociado en el MIT – Massachusetts Institute of Technology (2013); Postdoctoral Fellow en el MIST – Masdar Institute of Science and Technology (2014). Profesor en Universidad Nacional en el área de sistemas de potencia y máquinas eléctricas (2014). e-mail: srriverar@unal.edu.co
ORCID: orcid.org/0000-0002-2995-1147

Diseñando el Lenguaje para el Modelado de Estrategias Didácticas (DSML) a partir de PoN: una Aproximación EML Orientado a la Actividad

A. Ruiz, J. I. Panach, O. Pastor, F. D. Giraldo, J. L. Arciniegas and W. J. Giraldo

CÓMO REFERENCIAR ESTE ARTÍCULO:

A. Ruiz, J. I. Panach, O. Pastor, F. D. Giraldo, J. L. Arciniegas and W. J. Giraldo. "Designing the Didactic Strategy Modeling Language (DSML) From PoN: An Activity Oriented EML Proposal", IEEE-RITA, Nov. 2018, Volume 13, Issue 4, Pages 136-143

DOI: https://doi.org/10.1109/RITA.2018.2879262

***Title*— Designing the Didactic Strategy Modeling Language (DSML) From PoN: An Activity Oriented EML Proposal**

***Abstract*— This article presents the design of Didactic Strategy Modeling Language (DSML), according to the principles of Physics of Notations (PoN). DSML is a visual and activity-oriented language for learning design characterized by the representation of different activities according to the nature of the task. Once the language is designed, a blind interpretation study is conducted to validate the semantic transparency of the learning activity iconography. The results of the study allow to refine icons. Also, an authoring tool for DSML is presented, which is integrated to an LMS. A Model Driven course is designed as a DSML pre-validation.**

***Index Terms*—Computer aided instruction, computer languages, learning systems, modeling.**

I. INTRODUCTION

La estrategia didáctica se define como el procedimiento con el que el profesor pretende facilitar los aprendizajes en los estudiantes a través de actividades que contemplan la interacción de los alumnos con determinados contenidos [1]. De acuerdo a la definición, la estrategia se compone de actividades didácticas que al ser ejecutadas por el estudiante cobran su valor de actividades de aprendizaje. Es de esperar que, de acuerdo a los aprendizajes previos, capacidades y formas de aprender de los estudiantes, el docente planee estrategias didácticas que se adapten a las necesidades de grupos de estudiantes con características similares. Aunque la planeación y ejecución de estrategias didácticas personalizadas pueden ser realizadas por el docente sin apoyo de tecnología, actualmente las plataformas virtuales juegan un papel importante a la hora de facilitarle esta labor.

En aras de poder diseñar y ejecutar estrategias didácticas en entornos computacionales, más ampliamente conocidas en el argot de *e-learning* como "secuencias de actividades", han surgido diferentes propuestas basadas en el modelado. En particular, los Lenguajes de Modelado Educativo (*EMLs: Educational Modeling Languages*) proveen un lenguaje que los instructores pueden usar para formalizar sus propios procesos de aprendizaje, de tal manera que puedan ser interpretados por computadores [2]. Son varias las propuestas que han surgido en esta vertiente tales como: el estándar *de facto* IMS-LD [3], PoML[4], CoUML[5], E^2EM[6], CoLeML[7], entre otras [8]. A partir del estudio de las fortalezas y limitaciones encontradas en las propuestas mencionadas, surge el Lenguaje para el Modelado de Estrategias Didácticas DSML (*Didactic Strategy Model Language*). DSML es un lenguaje gráfico para el modelado de estrategias didácticas que puede ser utilizado en entornos computacionales. Una de sus características más relevantes es la representación de las diferentes actividades didácticas de acuerdo a la taxonomía de Conole [9], en la cual se identifican diferentes tipos de actividad de acuerdo a la naturaleza de la tarea.

Como una primera aproximación hacia la consecución de los requisitos definidos para DSML, los aportes de este artículo se centran en el diseño del lenguaje a partir de la aplicación sistemática de los principios de la Física de las Notaciones (*Physics of Notations* - PoN) de D.L Moody [10]. Igualmente, se crea una herramienta de autoría para DSLM independiente del Sistema de Gestión de Aprendizaje (*Learning Management System – LMS*). Como ejemplo, la herramienta es integrada a la plataforma Moodle bajo el método expuesto en [11].

Este artículo se encuentra estructurado de la siguiente manera: la sección II expone los trabajos relacionados que influenciaron el diseño de DSML y a partir de los cuales se identifican los requisitos del lenguaje propuesto; la sección III presenta los conceptos en relación con cómo se concibe

Manuscrito recibido el 20 de septiembre de 2017; revisado 9 de diciembre; aceptado 20 de julio de 2018.

English versión received September, 26th, 2018. Revised October, 18th. Accepted October, 28th.

A. Ruiz es profesora de la Universidad del Quindío, Colombia, E-mail: aruiz@uniquindio.edu.co, ORCID: 0000-0003-2793-5466. Corresponding author.

J. I. Panach, es profesor auxiliar de la Universidad Politécnica de Valencia, España, E-mail: jpanach@dsic.upv.es, ORCID: 0000-0002-7043-6227.

O. Pastor es profesor de la Universidad Politécnica de Valencia, España, E-mail: opastor@dsic.upv.es, ORCID: 0000-0002-1320-8471.

F. D. Giraldo es profesor de la Universidad del Quindío, Colombia, E-mail: fdgiraldo@uniquindio.edu.co, ORCID: 0000-0002-6111-3055.

J. L. Arciniegas es profesor de la Universidad del Cauca, Colombia, E-mail: jlarci@unicauca.edu.co, ORCID: 0000-0002-1310-9123.

W. J. Giraldo es profesor de la Universidad del Quindío, Colombia, E-mail: wjgiraldo@uniquindio.edu.co, ORCID: 0000-0002-3914-3215.

el modelo de estrategia didáctica; la sección IV presenta el diseño de DSML aplicando PoN, la sección V presenta el lenguaje DSML, la sección VI expone la validación de los iconos de las actividades de aprendizaje y de usabilidad y, la sección VII presenta la herramienta de autoría creada para DSML y su integración en un LMS. Finalmente, las conclusiones y trabajos futuros se presentan en la sección VIII.

II. TRABAJOS RELACIONADOS

En la literatura se evidencian diferentes EMLs orientados a modelar unidades de aprendizaje, algunos permiten el procesamiento computacional, otros solo se enfocan en el diseño y la comunicación. Tal es el caso de E^2ML[6]**,** es un lenguaje con un conjunto de tipos de diagramas que permite modelar los objetivos de aprendizaje, los requisitos y el diseño de las actividades de enseñanza y aprendizaje. De acuerdo con [12], el lenguaje tiene altos niveles de efectividad cognitiva exceptuando el diagrama de metas que reportó varias deficiencias. E^2ML no permite el procesamiento computacional [12] pero si se enfoca en el diseño y la comunicación [13]. En relación al estándar *de facto* IMS-LD [14], su finalidad principal es la creación de modelos de unidades didácticas computacionales, de forma que el desarrollo de las mismas pueda ser controlado y soportando a través de sistemas TICs. Sin embargo, carece de expresividad visual [15] ya que desde sus inicios fue pensado como un lenguaje textual. La carencia de una representación gráfica ha conllevado a problemas de usabilidad [16] y demasiada complejidad para el profesor promedio [17]. En consecuencia, iniciativas como MOT+, ReCourse, Reload LD Editor, entre otras has surgido para suplir esta carencia [8]. PoEML [15] es el lenguaje de modelado educativo orientado a perspectiva, el cual revela demasiados tipos de diagramas y una gran cantidad de símbolos, algunos de ellos con poca expresividad visual [12]. Por el contrario, CoUML, un lenguaje basado en UML para el modelado educativo, reporta buenos resultados a nivel de efectividad cognitiva [12]. Según sus autores, CoUML fue diseñado para ser fácil de usar y de aprender por usuarios sin conocimiento técnico. Sin embargo, afirman que esto es un objetivo difícil de lograr debido a que las personas son reacias a usar UML por estar relacionado con las ciencias de la computación [5]. Finalmente, ColeML [7], es un lenguaje inspirado en el área de modelado del flujo de trabajo y proceso de negocio, del cual no se evidencian estudios de validación. Sin embargo, se observa que maneja pocos símbolos que se distinguen perfectamente uno del otro, lo cual lo hace fácil de aprender. Algunos de los símbolos no reflejan su significado (ej. *tool, software, group, teacher*). El lenguaje requiere de elementos adicionales para hacer posible su procesamiento computacional.

La exploración de las anteriores propuestas representativas permitió establecer los requisitos necesarios para el nuevo lenguaje a diseñar. A continuación, se listan tales requisitos:

(i) *R1*: El modelo conceptual que soporta el lenguaje debe partir del contexto educativo.
(ii) *R2*: El lenguaje debe permitir crear unidades de estudio que incluyan las actividades a realizar (qué hacer), las personas involucradas en la actividad (por quién), y el entorno donde las actividades se realizarán (con qué).
(iii) *R3*: debe ser fácil de usar y de aprender debido a que la audiencia objetivo son los profesores en general.
(iv) *R4*: La notación del lenguaje se debe caracterizar por tener altos niveles de efectividad cognitiva.
(v) *R5*: El lenguaje debe ser visual con el fin de que facilite la comunicación y comprensión de la realidad modelada.
(vi) *R6*: Debe ser posible su procesamiento computacional.

Como conclusión de esta sección, la Tabla I resume el nivel de cumplimiento ("cumple plenamente 1", "cumple parcialmente –"y "no cumple 0") de los requisitos de las propuestas representativas EML analizadas.

III. MODELO CONCEPTUAL DE LA ESTRATEGIA DIDÁCTICA

Con el fin de dar cumplimiento al requisito **R1**, el modelo de estrategia didáctica tiene sus raíces en el análisis de los modelos conceptuales del acto didáctico. Aunque la mayoría de los conceptos expuestos corresponden al modelo propuesto por Marquès [1], estos comparten elementos comunes a otras propuestas (ej. [18]), incluidas aquellas presentadas en el estado del arte. La principal diferencia con respecto a los modelos conceptuales de las propuestas EML analizadas es la especificación de las actividades de aprendizaje de acuerdo a la naturaleza de la tarea [9]. Como resultado, la Fig. 1 presenta el modelo conceptual (meta-modelo) de la estrategia didáctica. Debido a restricciones de espacio, hemos incluido en la Fig. 1 los símbolos asignados a los constructores, proceso que es descrito más adelante.

A continuación, se presentan los conceptos que fueron pieza clave en la construcción del lenguaje para el modelado de la estrategia didáctica propuesta, los cuales se resaltan en negrita. Al lado de cada concepto se especifica entre paréntesis el constructor al que corresponde en el meta-modelo.

Según Marquès [1], el acto didáctico define la actuación del **profesor** (S*taff*) para facilitar los aprendizajes de los **estudiantes** (S*tudent*) y su naturaleza es esencialmente comunicativa. De acuerdo con el autor, la enseñanza se concreta en actos didácticos mediante los cuales el profesor o formador propone múltiples actividades a los estudiantes para facilitar los aprendizajes deseados. Estas actividades, conocidas como **actividades de aprendizaje** (*LearningActivity*), son adaptadas a las características de los estudiantes, a los **recursos disponibles** (*Resource*) y a los contenidos objeto de estudio. Sin embargo, el proceso de enseñanza no solo se compone de actividades de aprendizaje

TABLA I
CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS DE LAS PROPUESTAS EML

	R1	R2	R3	R4	R5	R6
E2EM	1	1	1	-	1	0
PoEML	1	1	0	-	1	1
IMS-LD	1	1	0	-	0	1
CoUML	-	1	-	1	1	1
CoLeML	1	1	1	-	1	0

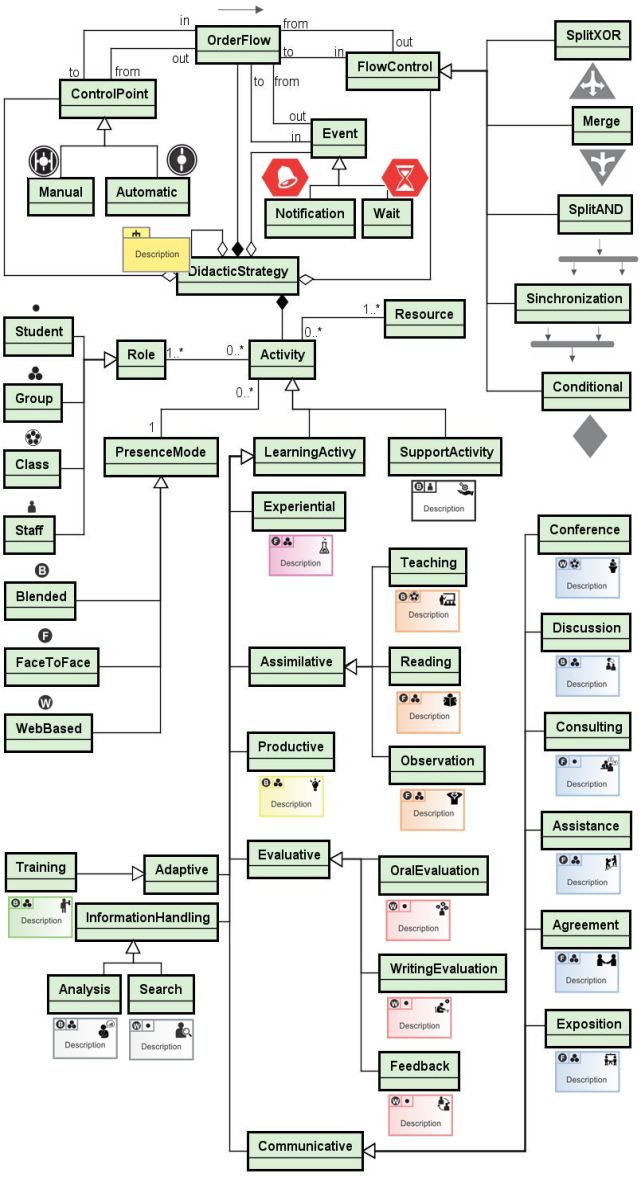

Figura 1. Meta-modelo de la estrategia didáctica y símbolos asociados a sus constructores.

sino también de **actividades de soporte** (*SupportActivity*) [3], las cuales usualmente son realizadas por el profesor para soportar a los estudiantes. No obstante, en algunos modelos pedagógicos algunos estudiantes pueden apoyar a otros estudiantes (*peer to peer teaching*).

Vemos de esta manera como diferentes **actores o roles** (*Role*) tienen su parte en la actividad, en la cual un solo **estudiante** (*Student*), un **grupo de estudiantes** (*Group*), la **clase** (*Class*) y/o el **personal a cargo** (*Staff*) pueden estar involucrados. El personal a cargo puede ser un profesor o colaboradores.

Por otra parte, las actividades pueden realizarse en diferentes **modos de presencialidad** (*PresenceMode*): **presencial** (*Face-to-face*), **combinado** (*Blended*, apoyado en TICs) y **online** (*WebBased*, basadas completamente en la web).

Marquès plantea que la eficacia de los recursos didácticos dependerá en gran medida de la manera en la que el profesor oriente su uso en el marco de la **estrategia didáctica** (*DidacticStrategy*) que está utilizando. Una estrategia es un procedimiento organizado y orientado a la obtención de una meta claramente establecida. De esta manera, la estrategia didáctica es el procedimiento con el que el profesor pretende facilitar los aprendizajes en los estudiantes a través de actividades que contemplan la interacción de los alumnos con determinados contenidos. Igualmente, la estrategia didáctica debe adaptarse a las necesidades de los estudiantes. Para ello, el docente debe establecer **puntos de control** (*ControlPoint*) que permitan evaluar el progreso del estudiante y de esta forma plantear diferentes **flujos** de actividades (*OrderFlow* y *FlowControl*) de acuerdo con el resultado de la evaluación.

Algunos **eventos** (*Event*) también pueden establecerse en ciertos puntos del procedimiento, como, por ejemplo, el profesor desea ser **notificado** (*notification*) cuando el estudiante haya finalizado cierta actividad o desea que el estudiante no realice ninguna actividad hasta que tenga la retroalimentación de algún entregable, para lo cual establece un **tiempo de espera** (*Wait*). Por otra parte, Conole [9] propone una taxonomía para las actividad de aprendizaje en la cual se detalla la naturaleza de la tarea. Esta taxonomía es enriquecida por Marcelo [19], el cual incluye el tipo de actividad "**evaluación**" que no está presente en la versión original de la taxonomía. De esta forma, los **tipos de actividades** (*Activity*) de acuerdo con la naturaleza de la tarea pueden ser: **asimilativas** (*Assimilative*), de **gestión de información** (*InformationHandling*), de **aplicación** (*Adaptive*), **comunicativas** (*Communicative*), **productivas** (*Productive*), **experienciales** (*Experiential*) y **evaluativas** (*Evaluative*). Una **subcategorización** de estos tipos de actividad es propuesta por los autores a partir del estudio realizado por Marcelo en [19].

IV. Diseñando el lenguaje para el modelado de la estrategia didáctica - DSML

Teniendo en cuenta el modelo conceptual (meta-modelo o sintaxis abstracta) definido anteriormente, se desea crear un lenguaje visual que permita modelar estrategias didácticas. La especificación de la sintaxis concreta es uno de los pasos preliminares en la especificación de cualquier lenguaje, debido a que en ella se define sus particularidades y el *mapping* con respecto de la sintaxis abstracta. Esta especificación tiene como punto de inicio el análisis visual de cómo se presentarán al usuario los elementos de modelado del lenguaje [20]. Diferentes estudios confirman que la forma visual de la notación afecta significativamente el entendimiento, especialmente de las personas con poca experiencia (novatos). Por esta razón, y con el fin de dar cumplimiento a los requisitos **R3** y **R4**, los investigadores decidieron diseñar la notación usando la teoría de PoN [10]. La aplicación de esta teoría provee una base científica para la comparación, evaluación, mejora y construcción de notaciones visuales, tal como se evidencia en el estudio de Figl [12], en el cual PoN es usada para evaluar la efectividad cognitiva de lenguajes de modelado educativo. La teoría PoN propone 9 principios que pueden ser usados exitosamente para construir lenguajes visuales de modelado gráfico. De manera resumida, los 9 principios se exponen en la Tabla II.

TABLA II
LOS 9 PRINCIPIOS PARA CONSTRUIR LENGUAJES VISUALES DE LA TEORÍA DE PON

Principio	Definición
1. Ajuste Cognitivo	use dialectos visuales diferentes cuando sea necesario
2. Claridad Semiótica	debe haber una correspondencia uno a uno entre construcciones semánticas y símbolos gráficos
3. Discriminalidad perceptual	los símbolos deben ser claramente distinguibles
4. Expresividad visual	utilizar el rango completo y las capacidades de las variables visuales
5. Gestión de la complejidad	incluyen mecanismos para manejar la complejidad
6. Integración Cognitiva	incluye mecanismos para apoyar la integración de información de diferentes diagramas
7. Transparencia Semántica	use símbolos cuya apariencia evoque el concepto que desea representar. Es transparente si el símbolo informa su significado, opaco si lo informa vagamente y perverso si no lo informa o lo tergiversa.
8. Economía gráfica	mantener el número de diferentes símbolos gráficos cognitivamente manejable
9. Codificación dual	enriquezca los diagramas con descripciones textuales

La aplicación de estos principios se realizó de acuerdo con el proceso sistemático propuesto por Silva Teixeira [21], en el cual los principios se aplican en 4 grupos: a) *Principios básicos* (claridad semiótica, transparencia semántica, y discriminalidad perceptual), b) *Principios para manejar la complejidad* (gestión de la complejidad, integración cognitiva) c) *Principios de soporte* (expresividad visual, economía gráfica y codificación dual) y d) *Principio de conjunto de dialectos* (ajuste cognitivo).

Los pasos que conforman el proceso sistemático son: 1) Definir el conjunto de dialecto aplicando el principio de conjunto de dialectos; 2) Diseñar el dialecto, en el cual para cada constructor del modelo: a) se define un símbolo que los represente aplicando los principios básicos y, b) una vez definido el símbolo, se aplican los principios de soporte, repetir hasta que no haya más elementos a diseñar; y 3) Identificar formas de manejar la complejidad del modelo aplicando los principios para manejar la complejidad. A continuación, se presenta el análisis de cada principio de acuerdo al proceso descrito.

A. Definición del conjunto de dialecto

El proceso de diseño empieza con la identificación de requisitos que, se han establecido previamente en la sección II. Teniendo en cuenta el principio *ajuste cognitivo*, los autores establecieron que solo un dialecto es requerido para modelar la estrategia didáctica. El objetivo de este dialecto es proveer una notación visual simple e intuitiva para diseñar estrategias didácticas que permitan la especificación de unidades de aprendizaje. La notación debe contener símbolos para representar todos los constructores sin ambigüedad.

B. Diseño del dialecto

De acuerdo con el proceso sistemático, una vez definido el conjunto de dialecto se diseña cada símbolo que lo conforma. Para ello se aplican los *principios básicos* y una vez definidos todos los símbolos se aplican los *principios de soporte*. A continuación se presenta el análisis para dichos principios:

(i) Principios Básicos: claridad semiótica, discriminalidad perceptual, transparencia semántica

Considerando la sintaxis abstracta definida por el meta-modelo que se muestra en la Fig. 1, y teniendo en cuenta el principio de claridad semiótica, una correspondencia 1:1 entre los constructores del meta-modelo y los símbolos gráficos fue definida. Este mapeo isomorfo tiene algunas excepciones: a) los autores decidieron que no era necesario asignar un símbolo a los elementos *FlowControl*, *PresenceMode*, *Role*, *ControlPoint*, *Activity*, *LearningActivity*, *Communicative*, *Assimilative*, *Evaluative*, *InformationHandling*, *Adaptive* (elementos de modelado abstractos) sino solo a sus subtipos (concretos), debido a que los tipos abstractos no se instancian; y b) en el caso de los subtipos de actividad se decidió asignar el mismo símbolo (rectángulo) para los 18 subtipos (*SupportActivity*, *Productive*, *Experiential*, *Teaching*, *Reading*, *Observation*, *Analysis*, *Search*, *Adaptive*, *OralEvaluation*, *WritingEvaluation*, *Feedback*, *Conference*, *Discussion*, *Consulting*, *Assitance*, *Agreement*, *Exposition*). Esta decisión se tomó considerando el principio de discriminalidad perceptual en el cual los símbolos de una misma categoría tienen una pequeña distancia visual. Para diferenciarlos se utilizaron las variables visuales de color e icono. La decisión de usar el mismo símbolo también está soportada en que haber creado 18 símbolos diferentes podría afectar el principio de economía gráfica y por consiguiente el requisito **R3**.

Los iconos asignados a cada subtipo de actividad son semánticamente transparentes a excepción del icono de asesoría y evaluación oral que son opacos. Para llegar a esta afirmación se realizó un estudio de interpretación a ciegas, el cual se detalla en la sección VI. El símbolo de actividad además de tener el icono que representa el tipo de actividad y la descripción se le asoció el tipo de rol y el modo de presencialidad de la actividad, ubicados en la parte superior izquierda del rectángulo. En el caso de los roles, los símbolos para *Student*, *Group* y *Class* tienen una pequeña distancia visual por estar asociados a una misma categoría. Igualmente, el modo de presencialidad es representado con el símbolo círculo. Para hacer distinción entre los diferentes modos se utilizó la variable texto. De esta manera los símbolos asociados a los roles y al modo de presencialidad tienen en cuenta el principio de discriminabilidad perceptual.

Los símbolos de control de flujo, *Conditional*, *SplitAND*, *Sinchronization*, corresponden a los utilizados en los diagramas de actividad de UML, los cuales son ampliamente usados en diferentes contextos y reportan altos niveles de efectividad cognitiva [22]. El símbolo triangulo es asignado a *SplitXOR* y *Merge*. Se decidió asignar el mismo símbolo dado que se utilizan en conjunto, lo mismo que *SplitAND* y *Sinchronization*. Para diferenciarlos, se hizo una variación en la perspectiva de la forma (triangulo con punta hacia arriba para *SplitXOR* y triangulo con punta hacia abajo para *Merge*). Así, estos símbolos tienen una pequeña distancia visual teniendo en cuenta el principio de discriminalidad perceptual. La variable icono se adicionó para representar el comportamiento.

Para los puntos de control se asignó el símbolo circulo y se utilizó la variable icono para hacer diferencia entre un punto de control *automatic* y uno *manual*. La variable brillo (negro) se adicionó para darle relevancia visual con relación a su ubicación en un modelo de estrategia didáctica.

Finalmente, a los eventos se les asigno el símbolo hexágono y se utilizó la variable visual icono para hacer distinción entre el evento *notification* y el evento *wait*.

(ii) Principios de soporte: expresividad visual, economía gráfica y codificación dual

En relación con el principio de expresividad visual, la notación usa como variable primaria la forma, la cual permite distinguir constructores semánticamente diferentes. De esta manera se tiene en cuenta la teoría de la primacía de la forma. Como variables secundarias usa el color, el brillo, la textura, la orientación y la posición. Por lo anterior, el lenguaje tiene una expresividad visual de 6 niveles debido a que usa 6 variables visuales para distinguir entre constructores semánticos. La Tabla II presenta las variables visuales que utilizan cada símbolo y su valor (a excepción de posición y orientación).

Como se observa en la Tabla III, los símbolos para los modos de presencialidad y los roles no tienen asignados formas convencionales debido a que se utilizan de forma integrada en el símbolo propio de la actividad. Así, se evita agregar mayor complejidad en la interpretación del modelo. Teniendo en cuenta la teoría de *codificación redundante*, cada símbolo utiliza diferentes variables visuales para incrementar la distancia visual entre uno y otro. Igualmente, cada símbolo tiene al menos un valor único sobre una variable visual de modo que sobresale (*Pop up*) en el campo visual sin esfuerzo consciente.

En relación con el principio de *economía gráfica*, PoN sugiere usar máximo 6 símbolos para representar categorías diferentes. Sin embargo, este número límite se aplica si solo se usa una variable visual. Al usar múltiples variables visuales para diferenciar entre símbolos puede incrementar la habilidad de discriminación humana casi de una manera aditiva. De este modo, el lenguaje propuesto al usar 6 variables visuales puede garantizar su expresividad visual para representar los 35 símbolos que lo conforman.

TABLA III
VARIABLES VISUALES PARA LOS SÍMBOLOS DEL LENGUAJE

Símbolo	Forma Convencional	Icono	Brillo	Color	Textura
Start	Ovalo	x	Blanco	Verde	Solida
End	Ovalo	x	Blanco	Rojo	Solida
OrderFlow	Flecha		Gris		Solida
Decision	Rombo		Gris		Solida
SplitAND	Barra		Gris		Solida
Sinchronization	Barra		Gris		Solida
SplitXOR	Triangulo	x	Gris		Solida
Merge	Triangulo	x	Gris		Solida
Activity types	Rectángulo	x		Varios	Degradado
Role – Student		x	Negro		Solida
Role – Group		x	Negro		Solida
Role – Class		x	Negro		Solida
Role – Staff		x	Negro		Solida
Face-to-Face Mode		x	Negro		Solida
Blended Mode		x	Negro		Solida
Web-based Mode		x	Negro		Solida
Automatic ControlPoint	Circulo	x	Negro		Solida
Manual ControlPoint	Circulo	x	Negro		Solida
Notification Event	Hexágono	x		Rojo	Solida
Wait Event	Hexágono	x		Rojo	Solida

Para mantener el lenguaje lo más simple posible se decidió: a) no asignar símbolos a las clases abstractas en el meta-modelo; y b) dejar fuera del diagrama (*off-diagram*) la información adicional a la actividad (meta, recursos, fecha de inicio y fin, entradas y salidas) para evitar excesiva complejidad gráfica y diagramática.

Finalmente, no se aplicó el principio *Codificación Dual* en el diseño del lenguaje. Sin embargo, se tendrá en consideración el uso de etiquetas y texto alternativo para los iconos al momento de la implementación de la herramienta para el lenguaje, de tal manera que mitigue cualquier posible ambigüedad en su interpretación.

C. Identificación de formas para manejar la complejidad

Después de diseñar una versión inicial de la sintaxis concreta, es necesario evaluar si el lenguaje requiere la aplicación de los principios para manejar la complejidad del modelo (*gestión de la complejidad e integración cognitiva*). En el caso del lenguaje DSML, los autores reconocen que los modelos de estrategias didácticas pueden tornarse muy extensos, lo cual podría afectar el entendimiento del modelo. En consecuencia, los autores decidieron introducir un símbolo para representar la relación que tiene consigo mismo el constructor *Didactic Strategy* que encapsula un modelo de estrategia didáctica relacionado. Siguiendo el principio de discriminalidad perceptual, los diseñadores asignaron el símbolo carpeta y un icono, indicando que este elemento contiene otro modelo de estrategia didáctica.

Finalmente, la Fig. 1 expone los símbolos asignados a los constructores del meta-modelo una vez aplicado de manera sistemática PoN.

V. LENGUAJE PARA EL MODELADO DE LA ESTRATEGIA DIDÁCTICA

Utilizando la notación definida en la sección IV y dando cumplimiento a los requisitos **R2** y **R5**, nace el Lenguaje para el Modelado de la Estrategia Didáctica DSML. DSML es un lenguaje visual orientado al flujo y centrado en la actividad que permite el diseño del aprendizaje a través de estrategias didácticas que responden a necesidades específicas de los estudiantes. La representación de los diferentes tipos de actividad en el lenguaje permite identificar fácilmente patrones de enseñanza [23] que puedan dar lugar a acciones de mejora o correctivas según sea el caso. En la Fig. 2 se presenta la sintaxis concreta resultante.

A continuación, se define cada elemento de la notación:

- *Start/End:* Se utiliza para indicar el inicio/fin de una estrategia didáctica.
- *Conditional*: Representa las comparaciones de dos o más valores. Tiene dos salidas, falso o verdadero.
- *SplitXOR:* describe una situación donde varias actividades puedan ser iniciadas, pero solo una de ellas es seleccionada. La selección ocurre en ejecución.

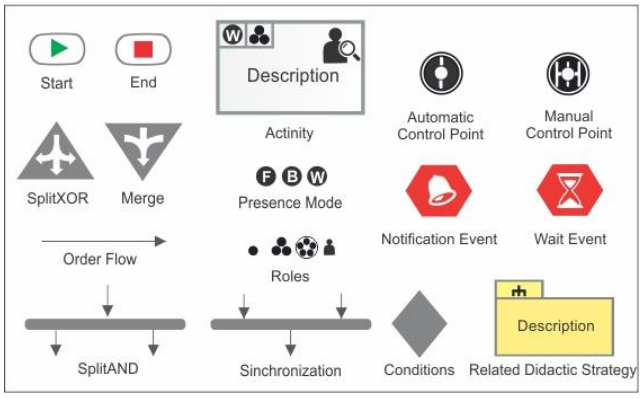

Figura 2. Sintaxis concreta para DSML.

- *Merge (XOR):* especifica el punto donde varias actividades que estaban siendo ejecutadas en paralelo convergen. Se evalúa que al menos una de las actividades haya sido completada.
- *SplintAND:* describe una situación donde varias actividades puedan ser iniciadas en paralelo.
- *Sinchronization:* especifica el punto donde varias actividades que estaban siendo ejecutadas en paralelo convergen. Se evalúa que todas las actividades que están asociadas al símbolo hayan sido completadas.
- *OrderFlow:* indica el seguimiento lógico del diagrama y el sentido de ejecución de las operaciones.
- *Learning Activity:* indica una acción relacionada a una actividad didáctica.
- *Presence Mode:* describe el modo de presencialidad en el que ocurre la actividad, cuyos valores pueden ser "*Face to face"* (presencial), "*Blended"* (apoyado en TICs) y "*Web-Based*" (*online*).
- *Rol:* describe el rol de quien realiza la actividad, los cuales pueden ser "*Student" (*estudiante*), "Group" (*grupo*), "Class" (*clase*), "Staff" (*personal a cargo*).*
- *Notificación*: alerta para el estudiante o/y docente.
- *Wait:* establece un tiempo de espera.
- *Automatic / Manual ControlPoint*: son puntos de control que estable el docente para evaluar el proceso de aprendizaje del estudiante hasta ese punto. La evaluación puede ser *automatic*, si la evaluación puede llevarse a la computación o *manual* si no es posible.
- *Related didactic strategy:* encapsula un modelo de estrategia didáctica relacionado.

El modelo de estrategia didáctica pretende, además de describir el proceso de aprendizaje del estudiante, ser una herramienta útil para el docente en la planificación de las actividades didácticas. Por esta razón, el símbolo de actividad, además de tener la descripción de la acción, tiene un color y un icono que refleja la naturaleza de la actividad de acuerdo a la taxonomía de Conole [9] y a los subtipos de actividad identificados, con ello, la semántica del diagrama se enriquece. En la Fig. 3 se presentan los iconos y el color asociado a los diferentes subtipos de actividades.

Figura 3. Color e iconografía para subtipos de actividad.

VI. Validación de la iconografía definida para las actividades de aprendizaje y de la usabilidad de DSML

Teniendo en cuenta la importancia que tiene la clasificación de las actividades dentro de DSML, decidimos conducir un estudio que permitiera validar si los iconos seleccionados para representar cada actividad eran semánticamente transparentes. Un símbolo es semánticamente transparente si su apariencia evoca el concepto que desea representar, es semánticamente opaco si el concepto lo informa vagamente y semánticamente perverso si el concepto no lo informa o lo tergiversa. Para lograrlo, se realizó un estudio de interpretación a ciegas (también llamado *prueba de reconocimiento* [24]). Este tipo de prueba consiste en que los participantes deben inferir el significado de los símbolos que se les muestra. El nivel de comprensibilidad del símbolo es medido por el coeficiente de transparencia semántica [25], el cual mide la correlación entre la apariencia del símbolo y su significado. Un coeficiente de transparencia semántica de un símbolo es calculado usando (1), fórmula basada en el concepto de análisis de Chi-cuadrados:

$$\frac{\text{Frecuencia Máxima} - \text{Frecuencia Esperada}}{\text{Total de respuestas} - \text{Frecuencia Esperada}} \quad (1)$$

La *Frecuencia Esperada* (número de respuestas esperadas al azar) = *n/s*, donde *n* es el número de participantes en el grupo y *s* es el número de símbolos. Si el coeficiente es cercano a +1, el símbolo es semánticamente transparente, si es cercado a 0 es opaco y si es negativo el símbolo es perverso.

La prueba se realizó con 20 participantes que estuvieron divididos en dos grupos: el grupo 1 contaba con 10 docentes de la Universidad del Quindío (Colombia) y el grupo 2 con 10 estudiantes de doctorado de la Universidad Politécnica de Valencia (España), en su mayoría, estos últimos, con experiencia docente. Ambos grupos eran de diferentes áreas y sin conocimiento previo de DSML. La prueba se realizó con 15 iconos de los 18 que conforman las actividades. La selección de los iconos para la prueba se realizó principalmente teniendo en cuenta los iconos de las actividades más comunes en el proceso de enseñanza. Inicialmente, los participantes del grupo 1 realizaron la prueba de interpretación a ciegas. Una vez terminaban se les pedía que realizaran un dibujo que diera a entender el concepto objetivo de los iconos en los que no acertaron. Basados en los bosquejos del grupo 1 se realizaron mejoras

a los iconos y se aplicó nuevamente la prueba con el grupo 2. El coeficiente de transparencia semántica de cada icono para ambos grupos se presenta en la Tabla IV.

Como se observa en la Tabla IV, los resultados para el Grupo 1 evidencian que los iconos para exposición, asesoría, análisis, acuerdo, conferencia, evaluación escrita y evaluación oral son semánticamente opacos (valores subrayados Grupo 1). De acuerdo con los cambios realizados a partir de las observaciones recibidas por el grupo 1, en la segunda parte del estudio, con el Grupo 2, se logró reducir la opacidad a solo dos iconos (valores subrayados Grupo 2), correspondientes a asesoría y evaluación oral. Igualmente, se logró aumentar el valor del coeficiente para los iconos que ya eran transparentes.

Con el fin de dar cumplimiento al requisito R3 y R4, se realizó una validación orientada a medir la usabilidad del lenguaje DSML. Shneiderman [26] especifica la usabilidad como una composición de la capacidad de aprendizaje, la eficiencia, la memorabilidad, los errores y la satisfacción. La memorabilidad es pertinente si se desea evaluar la capacidad en estudios a largo plazo, por lo tanto se excluyó de la evaluación. De esta manera, los criterios seleccionados fueron capacidad de aprendizaje, eficiencia, errores y satisfacción. Debido a que estos criterios están relacionados entre sí, es difícil establecer un conjunto de tareas a ser realizadas por el usuario para evaluar cada uno. En vista de que la usabilidad está fuertemente relacionada con el proceso cognitivo del usuario[10], las tareas se clasificaron de acuerdo con las dimensiones del proceso cognitivo [27], a saber: *recordar y entender la sintaxis*, *recordar y entender la semántica*, *aplicar el lenguaje de modelado* y *analizar el lenguaje de modelado*. También es cierto que cada tarea está relacionada con diferentes dimensiones pero aun así dan información sobre los criterios seleccionados.

La prueba se realizó con 7 docentes de diferentes áreas del conocimiento con un promedio de edad de 46 años y 18 años de experiencia docente. Cada prueba tuvo una duración promedio de 1 hora y 20 minutos.

La prueba inicia con una capacitación de 15 minutos. Posteriormente, el usuario realizar las tareas de tipo *entender y recordar la sintaxis y la semántica*, las cuales incluían 10 preguntas cerradas y recogían datos acerca de errores y eficiencia. Seguidamente, el usuario realizar las tareas de tipo *aplicar el lenguaje*, 4 en total, en las cuales los usuarios construyen un modelo de estrategia didáctica. Finalmente, el usuario realiza la tarea de tipo *analizar el lenguaje*, en la cual se le pide explicar un ejemplo de estrategia didáctica. En las tareas de *aplicar y analizar el lenguaje* se registró el número de veces que requirió ayuda y el número de errores sintácticos y semánticos. Una vez terminada la prueba, el usuario contesta el cuestionario *System Usability Scale* (SUS), el cual permite medir la usabilidad percibida de un producto sobre el que se está trabajando [28].

En la Fig. 4 se expone el número de usuarios de acuerdo al puntaje obtenido en las preguntas relacionadas a *entender y recordar la sintaxis y la semántica*. Como se observa la mayoría de los usuarios (5 en total) obtuvieron puntajes de 9 y 10 puntos, para un promedio de 8 y una mediana de 9, lo cual da un indicio de que DSML es fácil de entender y recordar. La mayoría de los errores estuvieron en la capacidad del usuario de diferenciar semánticamente el SplitAND y el SplitXOR, lo cual sugiere una revisión de los símbolos correspondientes. En cuanto a la aplicación del lenguaje, todos los usuarios pudieron completar todas las tareas que se les pedía, con una tasa de errores muy baja (la mediana de errores sintácticos fue de '0' y de errores semánticos fue de '1', ambas con un rango de valores de 0 a 2). El promedio de veces que requirieron ayuda fue de 2, en su mayoría relacionados con la herramienta y no con el lenguaje.

En relación a la tarea de tipo *analizar el lenguaje*, todos los usuarios explicaron la mayor parte del modelo de manera correcta. Se registraron pocos errores (mediana '1', rango de valores de 0 a 2) relacionados con el uso de splitAND y SplitXOR cuando están anidados.

En cuanto a la encuesta SUS, el puntaje promedio fue de 87.5, lo cual ubica a DSML en la categoría A (mayor a 80.3) [28], en donde los usuarios estarían dispuestos a recomendar el lenguaje a un amigo.

VII. Herramienta de autoría para DSML

El objetivo con la propuesta DSML es proveer una herramienta de autoría que pueda ser integrada a los LMS's de tal forma que se puedan crear estrategias que utilicen los recursos del LMS. Para lograrlo, se aplicó el método expuesto en [11] que provee ventajas a la herramienta DSML en relación a propuestas como por ejemplo LAMS [29]. El método permite integrar DSML con los LMS's, de tal manera que el docente siga utilizando los recursos propios del LMS y se centre en su labor en el momento de

Tabla IV
Resultados del Coeficiente de Transparencia Semántica

Icono	Grupo 1	Grupo 2
Formación	0,79	1,00
Exposición	0,25	0,79
Discusión	0,68	0,89
Asesoría	0,14	0,36
Lectura	1,00	1,00
Observación	0,89	0,89
Análisis	0,36	1,00
Búsqueda	0,79	1,00
Entrenamiento	0,89	0,79
Acuerdo	0,25	0,57
Conferencia	0,36	1,00
Asistencia	0,79	1,00
Evaluación Escrita	0,25	0,57
Evaluación Oral	0,46	0,25
Retroalimentación	0,57	0,89

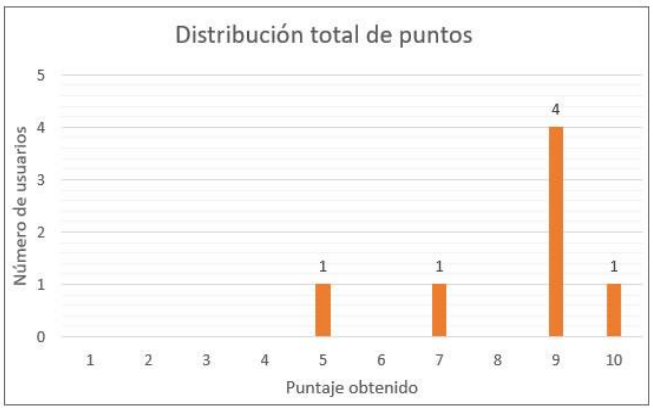

Figura 4. Distribución total de puntos para las preguntas relacionadas a recordar y entender la sintaxis y la semántica.

creación de la estrategia y no en el uso de TICs. La integración de la herramienta de autoría en el Moodle se realizó a través de la creación de un *plugin* que logra extender la navegación interna del Moodle, de modo tal que todos los cursos registrados en la plataforma disponen de un espacio de trabajo en donde se puede crear, modificar, visualizar e interactuar con la estrategia didáctica. Este *plugin* permite extender la base de datos de Moodle para poder consumir o escribir los datos correspondientes a la estrategia didáctica sin requerir de otras fuentes de datos externas a la plataforma. Los modelos son almacenados en la base de datos de Moodle y posteriormente renderizados dinámicamente a los estudiantes del curso dentro del espacio configurado para este fin. La Fig. 5 presenta la interfaz principal de la herramienta DSML integrada al Moodle.

Una versión demo de la herramienta está disponible en URL: http://educationalmdl.byethost14.com/moodle30/local/flowdiagram/index.php?id=1&cid=2 (usuario: admin, contraseña: Password1!)

VIII. Conclusiones y trabajos futuros

Gracias al proceso que se detalla en este artículo se ha dado cumplimiento parcial a los requisitos establecido inicialmente. Así, DSML es un lenguaje que parte del contexto educativo (*R1 sección III*), que permite diseñar el aprendizaje a través de la especificación de la actividad (que hacer, por quien y con qué, *R2 sección V*), que se estima ser fácil de usar y de aprender debido a que es un lenguaje visual diseñado aplicando los principios de efectividad cognitiva (*R3, R4, R5 sección IV y VI*) y que puede ser llevado a la computación (*R6 sección VII*). Aunque la validación del lenguaje muestra resultados positivos en cuanto a la usabilidad del lenguaje, es necesario realizar estudios adicionales con una muestra más grande para dar cumplimiento total a los requisitos R3 y R4. Por ejemplo, estudios empíricos por comparación como [30], podrían determinar el nivel de efectividad cognitiva de DSML.

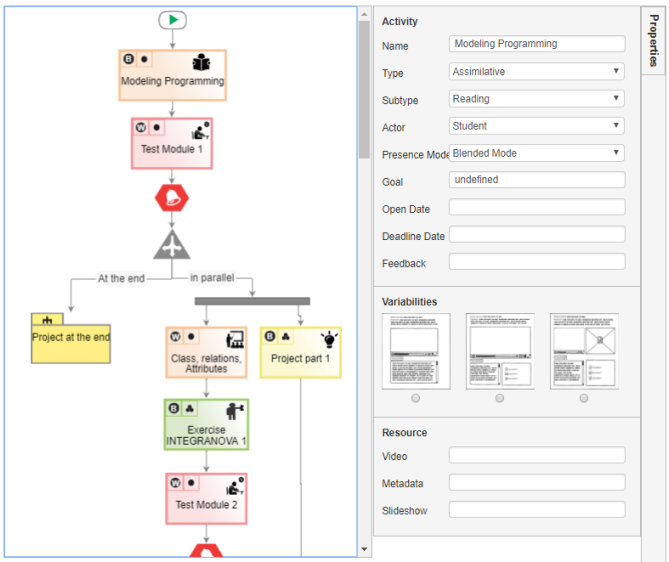

Figura 5. Herramienta de autoría DSML en la plataforma Moodle.

References

[1] P. Marqués. (2011). *La Enseñanza Buenas Prácticas. La Motivación*. Available: http://peremarques.net/

[2] I. Martinez-Ortiz, P. Moreno-Ger, J. L. Sierra, and B. Fernandez-Manjon, "Educational Modeling Languages," in *Computers and Education: E-Learning, From Theory to Practice*, B. Fernández-Manjón, J. M. Sánchez-Pérez, J. A. Gómez-Pulido, M. A. Vega-Rodríguez, and J. Bravo-Rodríguez, Eds., ed Dordrecht: Springer Netherlands, 2007, pp. 27-40.

[3] R. Koper, B. Olivier, and T. Anderson, "IMS Learning Design Information Model," 2003.

[4] M. Caeiro, M. Llamas, and L. Anido, "Un Lenguaje Gráfico para el Modelado de Unidades Didácticas en Ingeniería," *IEEE-RITA*, vol. 2, 2007.

[5] M. Derntl and R. Motschning-Pitrik, "coUML - A Visual Language for Modeling Cooperative Environments," in *Instructional Design: Concepts, Methodologies, Tools and Applications*, I. R. Management Association, Ed., 2011, p. 758.

[6] L. Botturi, "E2ML: A Visual Language for the Design of Instruction," *Educational Technology Research and Development*, vol. 54, pp. 265-293, 2006.

[7] J. Bundsgaard, "Introducing the Collaborative Learning Modeling Language (ColeML)," in *Proceedings of the 13th Conference on E-learning, ECEL 2014*, 2014, pp. 81--88.

[8] D. Celik and G. D. Magoulas, "A Review, Timeline, and Categorization of Learning Design Tools," in *Advances in Web-Based Learning – ICWL 2016: 15th International Conference, Rome, Italy, October 26–29, 2016, Proceedings*, D. K. W. Chiu, I. Marenzi, U. Nanni, M. Spaniol, and M. Temperini, Eds., 2016, pp. 3-13.

[9] G. Conole, "Describing learning activities: Tools and resources to guide practice," in *Rethinking Pedagogy for a Digital Age: Designing and Delivering E-learning*, H. Beetham and R. Sharpe, Eds., 2007.

[10] D. Moody, "The Physics of Notations: Toward a Scientific Basis for Constructing Visual Notations in Software Engineering," *IEEE Transactions on Software Engineering*, vol. 35, pp. 756-779, 2009.

[11] A. Ruiz, W. J. Giraldo, and J. Arciniegas, "Method for the Integration of the Didactic Strategy Model in Virtual Learning Platforms in the University Context: A mechanism that takes into account the professor's work " presented at the 12 Congreso Colombiano de Computación - 12CCC, Cali - Colombia, 2017.

[12] K. Figl, M. Derntl, M. C. Rodriguez, and L. Botturi, "Cognitive effectiveness of visual instructional design languages," *Journal of Visual Languages & Computing*, vol. 21, pp. 359-373, 2010.

[13] L. Botturi, M. Derntl, E. Boot, and K. Figl, "A Classification Framework for Educational Modeling Languages in Instructional Design," presented at the IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2006), Kerkrade, The Netherlands, 2006.

[14] IMS Global. (2003). *IMS Learning Design Specification* Available: http://www.imsglobal.org/learningdesign/

[15] M. Caeiro, M. Llamas, and L. Anido, "PoEML: Modeling learning units through perspectives," *Computer Standards & Interfaces*, vol. 36, pp. 380-396, 2014.

[16] S. Neumann, M. Klebl, D. Griffiths, D. Hernandez-Leo, L. de la Fuente-Valentin, H. Hummel, F. Brouns, M. Derntl, and P. Oberhuemer, "Report of the results of an IMS learning design expert workshop," 2009.

[17] A. Berggren, D. Burgos, J. M. Fontana, D. Hinkelman, V. Hung, A. Hursh, and G. Tielemans, "Practical and Pedagogical Issues for Teacher Adoption of IMS Learning Design Standards in Moodle LMS. ," *Journal of Interactive Media in Education*, 2005.

[18] G. Meneses, "NTIC, Interacción y Aprendizaje en la Universidad," Doctorado, Departament de Pedagogia, UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI, 2007.

[19] C. Marcelo, C. Yot, C. Mayor, M. Sánchez, P. Murillo, J. M. Rodríguez, and A. Pardo, "Las actividades de aprendizaje en la enseñanza universitaria: ¿hacia un aprendizaje autónomo de los alumnos?," *Revista de Educación*, p. 363, 2014.

[20] W. J. G. Orozco, "Marco de Desarrollo de Sistemas Groupware Interactivos Basado en la Integración de Procesos y Notaciones," Escuela Superior de Informática de Ciudad Real, 2010.

[21] M. d. G. da Silva Teixeira, G. K. Quirino, F. Gailly, R. de Almeida Falbo, G. Guizzardi, and M. Perini Barcellos, "PoN-S: A Systematic Approach for Applying the Physics of Notation (PoN)," in *Enterprise, Business-Process and Information Systems Modeling, BPMDS 2016, EMMSAD 2016*, R. Schmidt, W. Guédria, I. Bider, and S. Guerreiro, Eds., 2016, pp. 432-447.

[22] K. Figl, J. Mendling, and M. Strembeck, "Towards a usability assessment of process modeling languages," in *Proc. of the 8th Workshop Geschäftsprozessmanagement mit Ereignisgesteuerten Prozessketten (EPK 2009), Berlin, Germany. CEUR Workshop Proceedings*, 2009, pp. 118-136.

[23] A. González, "Patrones en aprendizaje: Concepto, aplicación y diseño de un patrón.," *RED. Revista de Educación a Distancia*, vol. 31, 2012.

[24] W. C. Howell and A. H. Fuchs, "Population stereotypy in code design," *Organizational Behavior and Human Performance*, vol. 3, pp. 310-339, 1968.

[25] P. Caire, N. Genon, P. Heymans, and D. L. Moody, "Visual notation design 2.0: Towards user comprehensible requirements engineering notations," in *2013 21st IEEE International Requirements Engineering Conference (RE)*, 2013, pp. 115-124.

[26] B. Shneiderman, *Software psychology: human factors in computer and information systems*: Little, Brown, 1980.

[27] L. W. Anderson, D. R. Krathwohl, and B. S. Bloom, *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: a revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*: Longman, 2001.

[28] J. Brooke, "SUS: A retrospective," *Journal of Usability Studies* vol. 8, pp. 29-40, 2013.

[29] LAMSFoundation. (2017). *Learning Activity Management System*. Available: https://www.lamsfoundation.org/community_home.htm

[30] M. Saeed, F. Saleh, S. Al-Insaif, and M. El-Attar, "Empirical validating the cognitive effectiveness of a new feature diagrams visual syntax," *Information and Software Technology*, vol. 71, pp. 1-26, 2016.

A. Ruiz actualmente, realiza su PhD en Ingeniería Telemática en la Universidad del Cauca y es profesora de tiempo completo en la Universidad Quindío. Sus áreas de interés son la ingeniería de software y HCI.

J. I. Panach es profesor asistente en la Universidad Politécnica de Valencia e investigador en el centro de investigación en Métodos de Producción de Software (PROS) de la misma universidad. Sus actividades de investigación se enfocan en el desarrollo dirigido por modelos.

O. Pastor es profesor de tiempo completo y director del “Centro de Investigación en Métodos de Producción de Software (PROS)” en la Universidad Politécnica de Valencia (España).

F. D. Giraldo es profesor de tiempo completo en la Universidad del Quindío y miembro activo del grupo de investigación SINFOCI de la misma universidad.

J. L. Arciniegas es profesor de tiempo complete de la Universidad del Cauca. Sus áreas de interés son la arquitectura de software, servicios multimedia, entre otras.

W. J. Giraldo es profesor de tiempo completo de la Universidad del Quindío. Se ha enfocado en los últimos 10 años en promover el HCI en Colombia.

Utilizando la Raspberry Pi para Generar una Solución de Acceso a Cuestionarios Educativos desde Dispositivos Móviles

Rocío A. Rodríguez, Pablo Cammarano, Daniel A. Giulianelli, Pablo M. Vera, Artemisa Trigueros, Luciano J. Albornoz

CÓMO REFERENCIAR ESTE ARTÍCULO:

Rocío A. Rodríguez, Pablo Cammarano, Daniel A. Giulianelli, Pablo M. Vera, Artemisa Trigueros, Luciano J. Albornoz. "Using Raspberry Pi to Create a Solution for Accessing Educative Questionnaires From Mobile Devices", IEEE-RITA, Nov. 2018, Volume 13, Issue 4, Pages 144-151

DOI: https://doi.org/10.1109/RITA.2018.2879387

***Title*—Using Raspberry Pi to create a solution for accessing Educative Questionnaires from Mobile Devices**

***Abstract*—Raspberry Pi has the capability of being configured as an access point and as a web server, so it can be used for creating applications that can be access from mobile devices without needing an internet connection. Proposal is based on the possibility for students to answer questionnaires from their mobile devices. Answers can be observed in real time by the teacher. This solution creates dynamism integrating the existing mobile devices in the classroom. This is addressed by explaining the features in terms of used hardware and software, as well as the functional tests performed and their implementation allowing replication.**

***Index Terms*—Raspberry Pi, mobile devices, teaching resources, questionnaires**

I. Introduccion

LOS avances tecnológicos han llegado para quedarse. Actualmente forman parte de nuestras vidas haciendo más sencillas algunas tareas y modificando la forma de realizar otras. Este cambio se ve en todos los ámbitos y ha sido impulsado principalmente por los dispositivos móviles que en todo momento nos brindan conectividad, interacción y contenidos que antes solo estaban disponibles en lugares específicos. Por ejemplo, para ver una película o un video era necesario estar en casa frente al televisor o en el cine, para enterarse de las noticias se acudía exclusivamente a la radio, televisión o al diario impreso. Hoy esas costumbres han cambiado y las personas acceden a esos contenidos en cualquier momento y en cualquier lugar desde sus teléfonos móviles.

"El auge de la tecnología de la información y de la comunicación, desde la creación del televisor y el uso doméstico del video, hasta la llegada de Internet a las instituciones educativas, obliga hoy a los docentes a planificar la instrucción con algo más que una pizarra, una transparencia y un libro. Independientemente del nivel al cual esté dirigida la enseñanza, es imperativo incluir alguno de los medios que se derivan del avance tecnológico, pues éstos, se quiera o no, forman parte del quehacer cotidiano en tanto que resuelven gran parte de las necesidades comunicativas e informativas, sobre todo las de los más jóvenes quienes, en buena medida, constituyen el grupo de alumnos a los que hay que educar empleando los recursos de su contexto de vida" [1]. "Los alumnos de nuestras aulas están cambiando, en gran medida como resultado de sus experiencias con la tecnología fuera de la escuela, y ya no están satisfechos con una educación que no se dirige de forma inmediata al mundo real en el que viven" [2].

Las nuevas tecnologías contribuyen frecuentemente a la mejora de la clase, pudiendo facilitar procedimientos que pueden ser tediosos tanto para docentes como para alumnos, incrementando la motivación del alumnado y el grado de participación de los mismos en la clase. Más aún cuando los alumnos son "nativos digitales". Prensky describe las características de los nativos digitales [3]:

- Quieren recibir la información de forma ágil e inmediata.
- Se sienten atraídos por multitareas y procesos paralelos.
- Prefieren los gráficos a los textos.
- Se inclinan por los accesos al azar (desde hipertextos).
- Funcionan mejor y rinden más cuando trabajan en Red.

Manuscrito recibido el 20 de marzo de 2018; revisado 7 de junio; aceptado 20 de julio.

English versión received September 26th, 2018. Revised October, 18th. Accepted October, 23rd.

R. A. Rodríguez, is with the National University of La Matanza, Buenos Aires, Argentina (e-mail: rocio.rodriguez@unlam.edu.ar).
(https://orcid.org/0000-0002-4221-5726)

P. Cammarano, is with the National University of La Matanza, Buenos Aires, Argentina (e-mail: pcammarano@unlam.edu.ar).
(https://orcid.org/0000-0002-7154-7316)

D. A. Giulianelli, is with the National University of La Matanza, Buenos Aires, Argentina (e-mail: dgiulian@unlam.edu.ar).
(https://orcid.org/0000-0003-4143-8255)

P. M. Vera, is with the National University of La Matanza, Buenos Aires, Argentina (corresponding author - e-mail: pvera@unlam.edu.ar).
(https://orcid.org/0000-0002-6450-6161)

A. Trigueros, is with the National University of La Matanza, Buenos Aires, Argentina (e-mail: pcammarano@unlam.edu.ar).
(https://orcid.org/0000-0003-0011-5732)

P. M. Luciano J. Albornoz, is with the National University of La Matanza, Buenos Aires, Argentina (e-mail: pcammarano@unlam.edu.ar
(https://orcid.org/0000-0002-5734-431X)

- Tienen la conciencia de que van progresando, lo cual les reporta satisfacción y recompensa inmediatas.
- Prefieren instruirse de forma lúdica a embarcarse en el rigor del trabajo tradicional.

Muchas de estas características pueden observarse en el aula, por ejemplo: ante la alternativa de leer un texto ó ver un video que lo explique, preferirán la segunda opción; pero si el video dura demasiado tiempo existe una alta probabilidad que no lo vean totalmente. "El consumo en nuestra sociedad de los instrumentos tecnológicos como la televisión y los ordenadores, los cuales no exigen el mismo grado de atención, inferencia, interpretación e integración de ideas que la lectura, ha hecho que ésta última vaya en disminución" [4]. Es decir, están acostumbrados a la inmediatez de la información y al tener la posibilidad de escoger distintas formas de llegar a la misma, siempre la forma visual será la preferida.

Es importante aclarar que cada generación tiene características que son positivas y otras que son negativas, lo importante es poder aprovechar las características positivas de los nativos digitales para mejorar las clases e incrementar el uso de las TIC.

Puede verse claramente en el aula la buena aceptación de las tecnologías, la lectura de los ejercicios desde un teléfono móvil, tablet… por sobre la guía impresa. Los alumnos están acostumbrados a tener el teléfono móvil todo el tiempo consigo y aprovecharlo para leer y tomar fotos de la pizarra cuando no les alcanza el tiempo para copiar. Nuestros alumnos en su mayoría son nativos digitales y esto no debe ser ignorado. Tomando como referencia a la cátedra de Fundamentos de TICs, que es una materia del primer año de las carreras de Ingeniería que se ofrecen en la Universidad Nacional de La Matanza (Civil, Electrónica, Industrial, Informática), puede observarse que la mayor parte de los alumnos que cursan actualmente la materia tienen entre 18 y 20 años (ver Tabla I).

No cabe duda que es necesario poder utilizar las TIC y que las mismas no solo sean incorporadas por los alumnos sino también por los docentes en sus clases. "Las competencias en materia relativa a las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en la sociedad actual son imprescindibles para el desarrollo de una ciudadanía activa para la formación de los futuros docentes, en cuyas manos está el desarrollo de dichas competencias en los jóvenes desde edades tempranas" [5]. En este artículo se presenta una propuesta, utilizando equipamiento de bajo costo, mediante la cual el alumnado pude acceder a cuestionarios (incluso en espacios donde no esté disponible la conectividad a internet) y contestar preguntas previstas para la clase, que sirvan como motor de las siguientes actividades que se realizarán más adelante.

TABLA I
RANGOS ETARIOS DE LOS ALUMNOS DE PRIMER AÑO DE INGENIERÍA

Rangos de Edad	Porcentaje
18-20	60,19
21-23	23,22
24-26	7,52
27-29	2,82
30-32	3,45
33-35	0,94
36-38	1,57
39-41	0,31

El presente artículo se encuentra organizado de la siguiente manera: en la sección 2 se muestra un relevamiento de la literatura indicándose artículos relacionados, en la sección 3 se explica que es la Raspberry Pi (RPi) y cuáles son sus características, en la sección 4 se explica la propuesta a realizar, en la sección 5 los pasos a seguir para lograr utilizar la Rpi como servidor de contenidos incluyendo una aplicación desarrollada para el monitoreo del rendimiento (vinculado con la conectividad de usuarios móviles a la RPi), en la sección 6 se presenta un resumen de los software existentes que cumplen con los requerimientos planteados y permiten generar cuestionarios y encuestas, comparándose tres de ellos. Luego de la comparación se selecciona un software y dado que se cuenta con el código fuente de dicho software fue posible realizarle modificaciones las cuales se abordan en esa sección así como también la manipulación de los datos de resultado para visualizarlos en forma gráfica y en tiempo real. En la sección 7 se explica la facilidad de replicar la solución en otras RPi generando una imagen de la memoria interna. Finalmente, en la sección 8 se presentan los resultados obtenidos y en la sección 9 las conclusiones y los trabajos futuros.

II. REVISION DE LA LITERATURA

La Raspberry Pi es una computadora de placa única muy versátil, pequeña y económica que ha proporcionado una accesible y potente solución a los usuarios de numerosas partes del mundo. Sus características de hardware y la posibilidad de utilizar software libre le permitieron implementaciones en distintas áreas entre las que se destacan las aplicaciones a la educación. Dentro de esta área del conocimiento existen numerosas investigaciones que aplican Raspberry Pi en variados momentos del proceso educativo, por ejemplo: desarrollo de una "clase inteligente", hardware para trabajos de laboratorio y estudio, construcción de redes y aplicaciones para la educación en países en desarrollo.

El tema de "Clase Inteligente" es abordado por varios autores. En el año 2001, el trabajo [6], ya planteaba este concepto integrando dispositivos para capturar audio, video, diapositivas y notas a mano, entre profesores y alumnos, facilitando el estudio y permitiendo compartir conocimientos, repasar clases, etc. Con el correr del tiempo, el perfil de los alumnos y de los docentes ha incorporado el uso de dispositivos móviles, casi como una extensión de la persona, en consecuencia, los trabajos de investigación fueron incorporando los móviles en sus diseños de clase inteligente. En [7] se aborda el diseño de una clase activa, donde los alumnos realizan aprendizaje colaborativo, a través de dispositivos móviles y fijos, incluyendo el uso de equipo audiovisual, proyectores y pizarras interactivas para facilitar la interacción entre alumnos y profesores. El trabajo [8], por su parte, agrega al concepto de Clase Inteligente el uso de Raspberry Pi. En este trabajo, el profesor inicia la grabación desde su smartphone, mediante una aplicación Phyton en la Raspberry Pi; al finalizar se sube a un servidor o a una aplicación Android. Adicionalmente, permite

controlar la asistencia y desempeño en clase de los alumnos. El artículo [9] muestra el estado actual del diseño de una plataforma para una clase inteligente mediante los dispositivos móviles de docentes y alumnos. La Raspberry Pi se ubica, conectada al server y a los periféricos. Por otra parte [10] también muestra la utilización de la Raspberry Pi para grabar las clases mientras están siendo dictadas en formato audio utilizando un micrófono Bluetooth y enviando archivos por la red, que están disponibles, para que el alumno escuche las clases si estuvo ausente, las repase, etc.

La inclusión de Raspberry Pi como parte de trabajos en laboratorio y prácticas dentro de las carreras de ingeniería, ha tenido un gran desarrollo en los últimos años. El objetivo de [11] es mostrar el rol de la Raspberry Pi en cursos de ciencias de la computación de nivel universitario, así como en eventos extracurriculares en distintas universidades. La Raspberry Pi permite que los alumnos lideren su propia educación, pudiendo experimentar sin temor, cada aspecto del software y el hardware siguiendo guías de estudio. Los autores de [12] han implementado sus cursos de ingeniería electrónica e informática para la creación de circuitos y sistemas embebidos utilizando Arduino, Raspberry Pi y BeagleBone como placas de microprocesadores. El perfil del alumno actual hace habitual la utilización constante de dispositivos móviles como smartphones y tablets. Esta característica es capitalizada por [13], donde han desarrollado un laboratorio remoto para realizar prácticas dentro de la materia de Sistemas de Ingeniería y Control Automático. En [14] se describe una poderosa y económica plataforma de implementación de algoritmos de control, que consiste en una placa Arduino y una Raspberry Pi, permitiendo a los alumnos desarrollar y verificar los algoritmos de control en casos reales. En el artículo [15] se ha implementado con Raspberry Pi un modelo de enseñanza y su metodología, con el objetivo de desarrollar la creatividad y el espíritu empresarial en los alumnos.

Internet está impregnando muchas de las cosas que nos rodean. El concepto de Internet de las Cosas (Internet of Things IoT), se refiere al reconocimiento, estado, ubicación, etc. de objetos (cosas) por medio de computadoras, sin intervención humana (por ejemplo: artículos del hogar, vehículos, hasta mascotas, etc.). El trabajo [16] aborda el tema de formar graduados universitarios que estén preparados para trabajar en esta nueva tendencia mundial. La investigación propone una pedagogía basada en el constructivismo, consistente en una Raspberry Pi con posibilidad de conectar a más de 30 dispositivos para realizar una gran variedad de aplicaciones para IoT.

El proyecto de [17] desarrolló OPEN (Prototipo Abierto para NanoSatélites Educacionales), que incluyen a Raspberry Pi en la tarea de computadora de abordo, que es la encargada de coordinar y manejar todas las funciones de la nave espacial. Este proyecto ofrece gratis los planes de estudio de construcción, pruebas y operación de nano satélites.

También se han realizado aplicaciones de MATLAB y redes de Control de Acceso al Medio MAC utilizando Raspberry Pi, [18] presenta esta utilización de Raspberry Pi aplicada al estudio de la capa de enlace en el modelo ISO OSI, para nivel secundario y universitario. Debido a que Raspberry Pi soporta a MATLAB y Simulink, la convierte en una herramienta dúctil y eficaz para la implementación de aplicaciones, por ejemplo, el desarrollo de una red de acceso inalámbrico con protocolos MAC flexibles definidos por el usuario.

Asimismo, la educación en países en desarrollo puede beneficiarse con la incorporación de aplicaciones de Raspberry Pi. En [19] se describe el sistema EPi (prototipo basado en Raspberry Pi), utilizado para escuelas de Uganda, primarias, secundarias y superiores. Se utiliza Raspberry Pi para armar el sistema, utilizando paneles solares para cargar la batería. Por su parte [20], propone usos educativos de Raspberry Pi en países en desarrollo y compara su posible expansión, con la adopción de teléfonos celulares por las personas de bajo poder adquisitivo.

En todos los trabajos consultados, las principales razones de su adopción son la versatilidad de la Raspberry Pi y su bajo costo.

III. Raspberry PI

La Raspberry Pi (RPi) es una pequeña computadora (de una única placa), en la figura 1 pueden observarse los componentes de la RPi3 (último modelo existente). En esta placa pueden observarse cuatro círculos amarillos que permiten ajustarla a un gabinete pequeño por medio de tornillos u otros elementos de encastre y es alimentada a 5 volt por medio de un cargador MicroUSB (6). El número indicado luego de MicroUSB hace referencia al (6) que se encuentra indicado en la figura 1, de esta forma al mencionar alguno de los componentes se incluirá el número para poder ubicarlo dentro de la figura 1. Dicho cargador es como el utilizado para cargar la mayoría de los teléfonos celulares actualmente. También es posible agregar portabilidad usando un cargador portátil. Tiene unos Leds (7) que se encienden para dar indicaciones de estado (por ejemplo cuando está en funcionamiento).

Cuenta con la posibilidad de conectarle un proyector ó monitor externo por medio de HDMI (5). También es posible utilizar como pantalla un televisor con salida RCA, ya que trae un conector específico para este fin (3). Además del HDMI, la solución más típica para monitores o televisores modernos, cuenta con la posibilidad de conectarle una pantalla integrada (lo cual permite no restarle portabilidad a la solución), esta pantalla pude ser táctil incluso. Existen dos maneras posibles de conectar pantallas una de ellas es utilizando el Conector de Display (9) ó bien a través del GPIO (12). GPIO es un puerto de propósito general para Entradas/Salidas, cada dispositivo que se incorporé utilizará algunos de los pines del mismo, este puerto tiene al igual que en la versión predecesora 40 pines; también permite conectar para aplicaciones más específicas sensores particulares (sonido, humedad, temperatura, etc…). Por ejemplo, si la aplicación a desarrollar requeriría una cámara esta podría ser una cámara USB (1) cableada a uno de los puertos USB que trae la RPi3ó bien poner una cámara integrada que se conecta directamente al conector de cámara (4) que viene integrado para tal propósito.

La RPi3 tal como su predecesora la RPi2, continúa teniendo cuatro puertos USB (1). En cuanto a conectividad

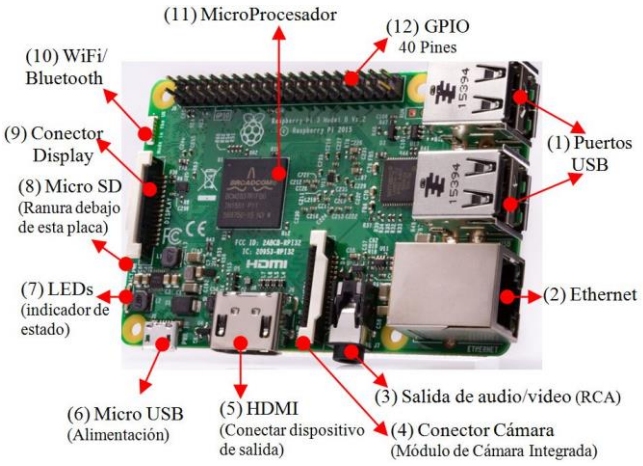

Fig. 1. Componentes de la Raspberry Pi 3

al igual que el modelo previo cuenta con Ethernet (es decir la posibilidad de conectar un cable de red (2)), pero además este modelo agrega WIFI y Bluetooth integrado (10), en la versión previa para poder tener WIFI se debía agregar una placa externa ocupando uno de los puertos USB. Otra característica importante es que la RPi3 tiene un mejor microprocesador (11) que la predecesora, de hecho, ya la RPi2 incorporaba un procesador mejor que los modelos previos (1A, AB, 1B+). Equipada con el procesador ARM Cortex-A53, la RPi3 tiene un procesador de 64 bits y cuatro núcleos. No hay cambio con respecto a la RPi2 en cuanto a memoria RAM ya que esta sigue siendo de 1 GB.

El sistema operativo y el software que se requiera será instalado en una memoria Micro SD (8) (la selección del sistema operativo será abordada en la sección 5). Si bien todas las versiones previas tenían lector de memoria MicroSD en esta versión se cambia dicho lector, siendo más simple poder sacar la tarjeta MicroSD.

En la figura 2 puede observarse el gabinete de la Raspberry Pi con una pantalla táctil empotrada, resaltando el pequeño tamaño de la solución. De hecho, su bajo costo y su portabilidad son características que sobresalen haciéndola una solución propicia para implementar diversas aplicaciones.

IV. Propuesta

Se propone utilizar la RPi para formar una red centralizada donde el punto de acceso lo brinde la RPi sin necesidad de contar con conexión a internet. Se usa para este fin la RPi 3 ya que como puede verse en la tabla 1 cuenta con placa WIFI incorporada, de forma tal que los alumnos pueden desde sus teléfonos celulares u otros dispositivos conectarse a la red generada por la RPi. Al la misma RPi se le instala una aplicación con cuestionarios para que los alumnos den respuestas a preguntas de opción múltiple que se realizan sobre los temas del material de la clase previa al parcial y de esta forma el docente pueda conocer el porcentaje de alumnos que selecciono cada respuesta posible, evidenciando las dificultades de los alumnos y que estas preguntas sean los disparadores para el repaso a realizar. Es una solución que permite conocer de forma automática los porcentajes sin tener que contar manualmente cuantos alumnos seleccionan la respuesta correcta. El método tradicional donde los alumnos levantan la mano en aquella opción que crean que es válida (contabilizando el docente cuantos son en cada caso y anotándolo por ejemplo en la pizarra), es más lento y tedioso. Además que tiene el problema de que un alumno elija determinada respuesta porque observa que muchos de sus compañeros la han elegido, en muchos casos algunos alumnos no votan por vergüenza a quedar expuestos ante una respuesta inválida. En cambio la aplicación al ser anónima y personal permite que más estudiantes voten libremente y se pueda obtener un estado más real del conocimiento general del curso. Esto puede ser visualizado como un elemento importante para la evaluación formativa, “con el fin de adaptar su acción pedagógica a los procesos y los problemas de aprendizaje observados en los alumnos” [21], ya que permite detectar dificultades presentadas por los alumnos en la comprensión de determinados temas.

Fig. 2. Raspberry Pi 3 con pantalla integrada

Para lograr obtener esta solución es necesario utilizar a la RPi como servidor lo cual se detalla cómo fue logrado en la sección siguiente.

V. Utilización de la Raspberry Pi como Servidor

A. *Generación del Servidor*

Utilizar la RPi como servidor de contenidos, tiene por ventajas el acceso a contenidos:

1) Desde diversos dispositivos, entre ellos teléfonos celulares;
2) Sin necesitar tener una infraestructura de red existente;
3) Sin contar con conectividad a internet.

Por otra parte, la portabilidad de la misma es importante. Como se mencionó en la introducción la RPi tiene un tamaño pequeño y puede conectarse a la misma un teclado en miniatura (comercializables para Smart TV) que incorpora el mouse a través de un pad y una pantalla empotrada si se desea. Puede como pantalla por HDMI enchufarse a un monitor, televisor o proyector. También es posible que para determinadas soluciones no se requiera tener constantemente una pantalla. El resultado final será una solución de bajo costo.

En cuanto a los requerimientos se pueden mencionar principalmente:

1) Que diversos tipos de clientes (notebooks, tablets, smartphones) puedan conectarse a una red inalámbrica creada y administrada por la Raspberry Pi. Dicha red no tiene que depender de una conexión a Internet.

2) Que un servidor web se pueda ejecutar en la Raspberry Pi, y que permita correr aplicaciones web que interaccionen con una base de datos.
3) Que exista un sistema de resolución de nombres (DNS) en la Raspberry Pi, permitiendo que los clientes accedan a las herramientas ofrecidas por el servidor mediante nombres fáciles de recordar. Por ejemplo: /www.cuestionarios.com.ar

B. Implementación

En cuanto al sistema operativo, para crear una solución de bajo costo, se selecciona Linux en su distribución particular para la RPi denominada Raspbian. "Linux es una gran opción para la raspberry pi ya que es gratuito y de código abierto. Por un lado mantiene el precio de la plataforma bajo y por el otro lo hace más configurable" [22]. "Raspbian es un sistema operativo gratuito basado en Debian (distribución de linux) y optimizado para el Hardware de la Raspberry Pi" [23]. Se instala además: Nginx (Servidor Web), MySQL (Base de Datos). Sin costos asociados con el software, se desarrolló una solución que permita monitorear el rendimiento ante múltiples accesos (lo cual es detallado en la siguiente sección).

Luego se requiere configurar el entorno, para lo cual es necesario: (1) Configuración y acceso a la red: Se decide implementar una red centralizada, siendo la RPi el único elemento que forma parte de la infraestructura de red, configurando la RPi como un punto de acceso. (2) Servidor Web: Se elige como servidor web Nginx y MySQL como motor de base de datos. (3) Servidor DNS: Para evitar tener que introducir una IP para acceder y poder usar una URL con un nombre general por ejemplo: www.cuestionarios.com.ar, es necesario instalar un servidor DNS.

C. Pruebas

Teniendo en cuenta que el ámbito de aplicación podría requerir de la conexión de múltiples usuarios, es importante saber cuántos podrán conectarse simultáneamente a la red creada por la Raspberry Pi. Para ello, se desarrolló una aplicación utilizando Node.js, que corre en segundo plano mientras la Raspberry está en modo punto de acceso. Dicha aplicación monitorea constantemente la cantidad de usuarios conectados a la red y permite ejecutar una prueba de rendimiento, en la cual se va a almacenar la cantidad máxima de usuarios y el tiempo que dichos usuarios permanecen conectados a la red en un archivo de log en la Raspberry. En la figura 3, se muestra un log generado.

Las pruebas se realizaron dentro del laboratorio del grupo de investigación, con un total de 23 usuarios accediendo a la RPi en simultáneo, esto evidenció el acceso sin inconvenientes, desde distintos dispositivos tal como se puede observar en la Tabla II.

TABLA II
CANTIDAD DE USUARIOS CONECTADOS Y SUS EQUIPOS DE ACCESO

Cantidad de Usuarios	Equipo de Acceso
8	Teléfono Celular
3	Tablet
4	Notebooks
6	Computadoras
2	RPi

```
Fecha y hora de inicio    | Máxima cantidad de usuarios    | Duración
8/10/2017-09:24:29        | 3                              | 10 segundos
8/10/2017-09:39:42        | 7                              | 15 segundos
8/10/2017-20:40:49        | 2                              | 6 segundos
8/10/2017-20:41:7         | 5                              | 4 segundos
9/10/2017-10:41:17        | 10                             | 30 segundos
10/10/2017-19:19:46       | 8                              | 44 segundos
10/10/2017-19:42:32       | 23                             | 81 segundos
```

Fig. 3. Captura del Log con los datos de los usuarios conectados y los resultados de las pruebas de rendimiento

VI. SELECCIÓN DEL SOFTWARE A UTILIZAR

A. Comparación de Software para Cuestionarios

De un análisis de los requerimientos que debe tener la aplicación a implementar surgen los siguientes: (1) Gratuita, (2) Que funcione sobre Java, (3) Que se pueda instalar en un servidor propio (es decir aplicación descargable e instalable, no online), (4) Que permita crear fácilmente preguntas de respuestas múltiples. Incluso una sola pregunta, (5) Que no obligue al usuario a acceder a distintos menús y opciones para llegar a su contenido (es decir que al ingresar visualice en forma directa la pregunta y sus respuestas posibles), (6) Que se pueda acceder al formulario web por IP,

En la Tabla III, se presentan los tres softwares seleccionados.

Luego de analizar sus características, se excluye al software HotPotatoes ya que no permite instalarse un servidor en forma autónoma en la RPi, quedando como opciones: Survey, Testmaker. Ambos presentan ventajas y desventajas (tal como puede verse en la tabla III), pero se decide realizar modificaciones para mejorar Testmaker debido a que, si bien su diseño es más básico, se cuenta con el código fuente, lo cual permite modificar el estilo de la visualización y adaptar lo que sea necesario

B. Adaptación del Entorno de Visualización

Se modificó el código fuente para implementar una solución adaptativa que se ajuste correctamente a los distintos dispositivos móviles (independientemente del tamaño de pantalla ó resolución). De esta forma el sitio web que ve el alumno, con el cuestionario generado se visualizará correctamente sin tener que hacer zoom sobre los controles, scroll en ambas direcciones, etc. "Es importante comprender que el diseño adaptativo no es una versión diferente del sitio web, sino que es el mismo sitio que se va adaptando y acomodando sus elementos para una mejor visualización en el dispositivo de acceso" [27]. Esto implicó analizar el código fuente para poder cambiar la generación de los componentes del formulario por controles adaptativos. Para ello se eligió un framework adaptativo W3CSS [28] no tan popular como Boostrap [29] o Fundation [30], pero es un framework liviano un poco más reducido en cantidad de recursos pero con los suficientes para lograr el objetivo planteado. En la figura 4, la visualización inicial del formulario (a la izquierda) donde puede notarse la necesidad de hacer zoom para poder ver los ítems así la dificultad para el uso de los controles; mientras que a la derecha notarse la diferencia de visualización luego de la adaptación del entorno.

TABLA III
COMPARATIVA ENTRE SOFTWARE QUE CUMPLEN LOS REQUISITOS PARA USARSE COMO GENERADORES DE ENCUESTAS Y CUESTIONARIOS

Aplicación	Características	Ventajas	Desventajas
Survey [24]	▪ Posee generador de cuestionarios con preguntas de opción única o múltiple. ▪ Genera cuestionarios con extensión .xml y .xsd y puede ser implementado por Tomcat mediante archivo .war, mostrándose las preguntas online y guardando las respuestas en un .xml	▪ Posee generador de preguntas (.jar) ▪ Puede levantarse con Tomcat y presentar las preguntas online, pudiendo mostrarse varios cuestionarios al mismo tiempo ▪ Guarda las respuestas para poder administrarlas mediante SQL ▪ Posee el código para Web, el generador, y las respuestas. (.java y .class).	▪ Hay que modificar el generador para que sea más cómodo. ▪ Problemas de permisos al guardar las respuestas en responses .xml en Linux ▪ Modificar el frontend para una mejor vista ▪ Código de difícil comprensión
HotPotatoes [25]	▪ Generador de cuestionarios de respuesta única o múltiple con agradable interfaz.	▪ Generador de preguntas (.htm) con interfaz cómoda.	▪ No posee opción para utilizarse como servidor. ▪ No se guardan las respuestas.
Testmaker [26]	▪ Permite carga, creación y modificación de cuestionarios, y guarda las respuestas disponibles para ser vistas y administradas desde MySQL.	▪ Permite la creación de cuestionarios con preguntas abiertas, verdadero y falso, opción única y múltiple. ▪ Guarda las respuestas en archivo .csv, .access y raw, permitiendo su manejo mediante MySQL. ▪ Posibilidad de parsear los archivos con las respuestas para poder mostrar gráficos. ▪ Se cuenta con el código fuente, lo cual permitirá hacer cambios y agregados en la aplicación.	▪ No posee generador de preguntas con interfaz, deben modificarse y crearse mediante un editor de texto o mediante bibliotecas php.

C. *Visualización de Resultados*

Se desarrolló una aplicación utilizando Node.js para visualizar los resultados de los cuestionarios en tiempo real. Esta aplicación lee el archivo de resultados en forma periódica y calcula si hubo diferencias respecto a la lectura anterior. En caso afirmativo, envía a los clientes los resultados actualizados, utilizando socket.io para la conexión entre el servidor (Raspberry Pi) y los clientes (dispositivos que están visualizando los resultados). Si no hubo cambios respecto a la lectura anterior, no se envía nueva información a los clientes, evitando que los mismos rendericen los gráficos innecesariamente y también evitando un impacto negativo en el rendimiento de la red, ya que no es saturada con información innecesaria.

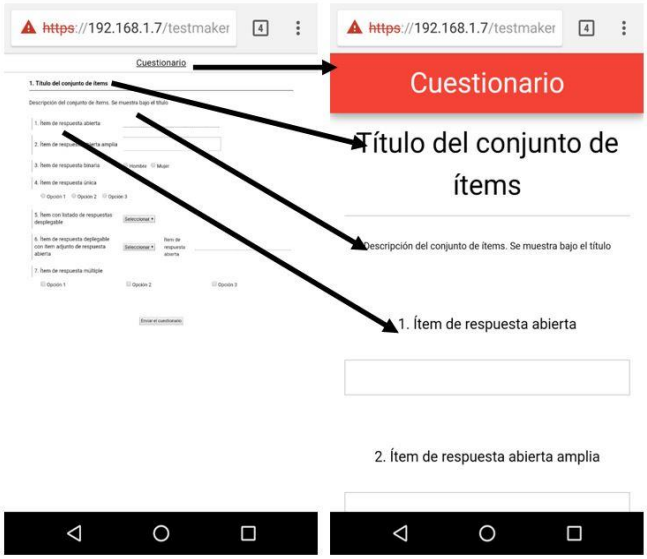

Fig. 4. Comparativa entre la misma porción de formulario. A la Izquierda Visualización típica y a la Derecha adaptada según el dispositivo de acceso.

La interfaz web muestra un gráfico por cada pregunta del cuestionario, se eligió un gráfico de torta para las preguntas del tipo “multiple-choice”. Los gráficos son renderizados utilizando “Chart.js”, una biblioteca de código abierto que permite agregar gráficos adaptativos a una página web. Los gráficos no se actualizan en forma periódica, sino que lo hacen cuando reciben nueva información, como se detalló anteriormente.

Esta aplicación, al igual que el monitor de rendimiento, se ejecuta en segundo plano cuando la Raspberry Pi se encuentra en modo “punto de acceso”. El administrador de procesos PM2 [31] se encarga de ejecutar las aplicaciones cuando la Raspberry se inicia. Se puede acceder a la aplicación de resultados desde cualquier dispositivo conectado a la Raspberry Pi utilizando una URL fácil de recordar: “http://gidfis.com.ar/resultados”. La dirección “tradicional” sería “http://192.168.0.1:8000”, pero gracias a la utilización del servidor DNS y del reverse proxy, se puede transformar esa dirección en una URL significativa y recordable.

VII. REPLICAR LA SOLUCIÓN

Luego de haber configurado una Raspberry Pi para que funcione como punto de acceso, es fácil replicar esa solución en otras. Para ello, hay que generar una imagen a partir de la tarjeta SD que está utilizando la Raspberry configurada, y luego volcar esa imagen en otra SD, que se utilizará en una diferente Raspberry Pi. Es recomendable realizar este proceso para copiar la configuración a una Raspberry que sea del mismo modelo que la original, para evitar problemas que puedan surgir por incompatibilidades

de hardware. Para llevar a cabo este proceso, se utilizó un sistema operativo Ubuntu en una computadora con un lector de tarjetas. La aplicación usada fue "dd", un paquete de Linux que permite "convertir y copiar un archivo".

VIII. Resultados Obtenidos

Luego de las pruebas la solución, se utilizó en cursos de la materia "Fundamentos de TICs" del primer año de las carreras de Ingeniería en donde a modo de repaso los alumnos ingresaron a cuestionarios para responder en forma anónima preguntas efectuadas. El docente luego comentó cuales eran las respuestas correctas y el porcentaje de alumnos que la respondieron correctamente. También en una exposición en un congreso académico, miembros del Grupo de Investigación hicieron algunas preguntas a la audiencia para que las respondan de forma anónima desde sus dispositivos móviles. Pudiéndose mostrar con un proyector los resultados en tiempo real, cambiando los gráficos en el momento en que se recibía un nuevo cuestionario.

A nivel conectividad fue posible que todos los alumnos del curso accedan desde sus dispositivos móviles en simultáneo para dar respuesta a las preguntas propuestas. Pero es tan importante como lo anterior destacar el incremento de la participación del alumnado para contestar estas preguntas. La experiencia fue realizada en 6 cursos de la materia de fundamentos de TICs (3 cursos de ingresantes y 3 cursos de recursantes), en la clase de repaso previa del segundo parcial de la materia. Si bien parte del alumnado no estuvo presente en dicha clase, aquellos alumnos que estuvieron presentes en su mayoría ingresaron desde sus celulares a la página propuesta para responder al cuestionario (ver Tabla IV). Los alumnos destacaron que era mucho más dinámico este método comparado con el parcial anterior donde también se hicieron unas 6 preguntas generales de las unidades comprendidas en el primer parcial y los docentes de dichos cursos contaban cuantos levantaban la mano en cada una de las respuestas. También que fuese anónimo fue visto como un punto a favor, el alumno no teme a equivocarse dado que el docente no identifica quién contesta bien o mal solo ve el porcentaje de alumnos que seleccionaron cada respuesta.

Queda visible que la incorporación de la RPi ha sido de mucha utilidad, simplificando los tiempos y la tarea del docente; así como también incrementando la participación del alumnado.

Tabla IV
Porcentaje de participación con las dos metodologías

Curso	Parcial 1 Manual	Parcial 2 RPi
1	23%	98%
2	41%	100%
3	32%	100%
4	20%	99%
5	36%	89%
6	12%	85%

IX. Conclusiones y Trabajos Futuros

La Raspberry Pi (RPi) es una solución portátil (de tamaño reducido) y económica que permite desarrollar una gran diversidad de aplicaciones. Queda reflejado de lo expuesto en este artículo, que una vez implementada la solución deseada en una raspberry es muy fácil replicar la solución en otras RPi simplemente copiando la imagen de la tarjeta de memoria. Los alumnos pueden acceder al formulario, sin necesitar instalar una aplicación en sus dispositivos y acceder por wifi. No se requiere tener acceso a internet dado que la RPi funcionará como servidor de acceso. Es importante destacar que está es una solución autónoma ya que no necesita de conexión a internet ni de infraestructura alguna de red existente por lo que puede ser utilizada en cualquier ámbito, siendo ideal para lugares sin posibilidad de acceso a la red. Igualmente, en instituciones donde la conectividad a internet es permanente es posible que la red esté saturada debido a la gran cantidad de clientes simultáneos. Está solución hace que cada curso se conecte a su propia red y a su propio servidor evitando estos inconvenientes y reduciendo además costos de conectividad e infraestructura de red. Si bien en este artículo se presenta la propuesta de realizar cuestionarios, como trabajos futuros se plantea la posibilidad de realizar otros recursos que permiten brindar más opciones a los usuarios; entre ellos que el docente pueda llevar un pendrive con una determinada carpeta (con un nombre en particular) que al conectarlo a la RPi el contenido de la misma sea subido automáticamente para ser descargado por los alumnos en sus dispositivos móviles. Es decir, esto es el principio de la evaluación de incorporar otros recursos didácticos. La importancia de exponer este tipo de trabajos no solo está en la necesidad de dar evidencias de la importancia del uso de las TIC en el aula sino también que otros colegas puedan replicar esta experiencia con una solución de bajo costo.

Referencias

[1] Antonio R. Bartolomé, Nuevas tecnologías en el aula: guía de supervivencia. Grao, 1999. http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/sadpro/Documentos/docencia_vol4_n1_2003/9_art._6_rese%C3%B1a_rosario.pdf [Fecha de última consulta: Mayo 2018]

[2] Marc Prensky, "Enseñar a nativos digitales" (libro), Ediciones SM, 2011.

[3] Mark Prensky, "Nativos e Inmigrantes Digitales", Cuadernos SEK 2.0, Adaptación al castellano del texto original "Digital Natives, Digital Immigrants", 2001, pp. 6.

[4] Dezcallar, T., Clariana, M., Cladellas, R., Badia, M., & Gotzens, C. La lectura por placer: su incidencia en el rendimiento académico, las horas de televisión y las horas de videojuegos. Ocnos: Revista de estudios sobre lectura, 2014, no 12. http://www.redalyc.org/pdf/2591/259132660005.pdf [fecha de última consulta: Mayo 2018].

[5] Verónica Marín Díaz, Eloísa Reche "Universidad 2.0: Actitudes y Aptitudes ante las Tic del Alumnado de Nuevo Ingreso de la Escuela Universitaria de Magisterio de la UCO", Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación, 2012, No 40, P. 197-211.

[6] Laura R. Winer, Cooperstock Jeremy. "The ''Intelligent Classroom'': Changing Teaching and Learning with an Evolving Technological Environment". Centre for University Teaching and Learning, McGill University, Montreal, QC, Canada H3A 1Y2. Noviembre 2001. Volume 38, pp. 253-266.

[7] Hichem Bargaoui, Rawia Bdiwi Esprit. "Smart classroom: Design of a gateway for ubiquitous classroom". Private Higher School of Computer Science and Technology. Tunis, Tunisia. 2014, presentado en: Web and Open Access to Learning (ICWOAL), 2014 International Conference, Dubai, United Arab Emirate. Publicado por IEEE.

[8] Shaik Yusuf Baji Saheb, Gharade Abdul Mueed,Haider Choudhary, Ziauddin Ansari B.E. "IoT Based Lecture Delivery System Using Raspberry Pi". Computer Engg., Anjuman-I-Islam's Kalsekar Technical Campus, Navi Mumbai, Mumbai University, Maharashtra, India. Marzo 2017. Presentado en: International Journal of Advanced

Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET). Publicado en: Volume 6, Issue 3, pp. 245-247.

[9] Vladimír Gašpar, Zuzana Vantová, "Design of an Intelligent Classroom". Technical University of Košice/Department of Cybernetics and Artificial Intelligence, Košice, Slovak Republic. Noviembre 2016. Presentado en: Published in: Computational Intelligence and Informatics (CINTI), 2016 IEEE 17th International Symposium. Budapest, Hungría. Publicado por: IEEE.

[10] K.Tamilselvan, R. Krishnaraj, P.Thangaraj, P.Sukumar. "A Survey of Educational Portal Using Raspberry Pi". Nandha Engineering College (Autonomous), Tamil Nadu, India. Publicado en: International Journal of Emerging Technologies in Engineering Research (IJETER) Volume 4, Issue 6, June (2016). Pp. 74- 76.

[11] Rebecca F. Bruce, J. Dean Brock, Susan L. Reiser. "Make Space for the Pi". Department of Computer Science. University of North Carolina at Asheville. Asheville, NC 28804. Abril 2015. Publicado en: SoutheastCon 2015, Fort Lauderdale, FL, USA, Publicado por: IEEE.

[12] Peter Jamieson, Jeff Herdtner. "More Missing the Boat - Arduino, Raspberry Pi, and Small Prototyping Boards and Engineering Education Needs Them". Department of Electrical and Computer Engineering, Miami University Oxford, Ohio 45056. Presentado en: Frontiers in Education Conference (FIE), 2015 IEEE, El Paso, TX, USA, Publicado por: IEEE.

[13] Josh Berk, Jeremy Straub, David Whalen. "The Open Prototype for Educational NanoSats: Fixing the Other Side of the Small Satellite Cost Equation". Department of Space Studies, University of North Dakota, 4149 University Ave, USA. 2013. Presentado en: Aerospace Conference, 2013 IEEE, Big Sky, MT, USA, Publicado por: IEEE.

[14] Jaroslav Sobota. Roman Piˇsl. Pavel Balda. Miloˇs Schlegel. "Raspberry Pi and Arduino Boards in Control Education". European Centre of Excellence. NTIS - New Technologies for Information Society. Faculty of Applied Sciences, University of West Bohemia in Pilsen. Czech Republic. Agosto 2013. Publicado en: IFAC Proceedings Volumes. Volume 46, Issue 17, 2013, Pages 7-12, Sheffield. UK.

[15] Kinyua Wachira. "Raspberry Pi (Raspi) as a Driver Of Creative-Thinking for Electrical Engineering Students: The UoN Case". University of Nairobi. Abril. 2016. Presentado en: The 23rd I.E.K. Engineers' International Conference, At Leisure Lodge Resort, Diani, Kwale County. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Kinyua_Wachira/publication/303471337

[16] Victor Callaghan. "Buzz-Boarding; Practical Support for Teaching Computing Based on the Internet-Of-Things". University of Essex. COLCHESTER, UK. April 2012. Disponible en: https://www.heacademy.ac.uk/system/files/resources/victor_callaghan_paper_0.pdf [fecha de última consulta: Marzo 2018]

[17] J. Bermúdez-Ortega, E. Besada-Portas, J.A. López-Orozco, J.A. Bonache-Seco, J.M. de la Cruz. "Remote Web-based Control Laboratory for Mobile Devices based on EJsS, Raspberry Pi and Node.js J.". Departamento de Arquitectura de Computadores y Automática. Universidad Complutense de Madrid. Madrid. España. 2015. Publicado por: IFAC-PapersOnLine, Volume 48, Issue 29, 2015, Pages 158-163.

[18] Luca De Nardis, Maria-Gabriella Di Benedetto, Stefano Olivieri. Wireless Access Networks for Raspberry Pi. DIET Department Sapienza University of Rome. Rome, Italy. The MathWorks. Turin, Italy.

[19] Murat Ali, Jozef Hubertus Alfonsus Vlaskamp, Nof Nasser Eddiny, Ben Falconer and Colin Oram. "Technical Development and Socioeconomic Implications of the Raspberry Pi as a Learning Tool in Developing Countries". School of Engineering, The University of Warwick, Coventry, CV4 7AL, UK. 2013. Presentado en: Computer Science and Electronic Engineering Conference (CEEC), 2013 5th, Colchester, UK, Publicado por: IEEE.

[20] Richard Heeks, Andrew Robinson. "Ultra-Low-Cost Computing and Developing Countries". Communications of the ACM, Publicado en: Magazine Communications of the ACM. Vol. 56. Issue 8, August 2013, pp. 22- 24, New York, NY, USA.

[21] Linda Allal. Educational evaluation strategies: Psychopedagogic perspectives and modes of application, Infancia y Aprendizaje, 2014, 3:11, 4-22

[22] Richardson M. and Wallace S., 2012. Getting started with raspberry PI. " O'Reilly Media, Inc.".

[23] Raspbian, Disponible en: https://www.raspbian.org/ [fecha de última consulta: Marzo 2018]

[24] Survey. "Survey – Application for the management of questionnaries". Disponible en: https://hermajan.github.io/survey/

[25] Half-Baked Software. "Hot Potatoes", version 6. Disponible en: https://hotpot.uvic.ca/ [fecha de última consulta: Marzo 2018]

[26] Testmaker. "Testmaker: Aplicación para crear cuestionarios online" Disponible en: http://jharo.net/dokuwiki/testmaker

[27] Rodríguez R. A., Marko I. B., Vera,P. M., Vallés G. Y., & Zain G. A. Evaluación de la Usabilidad en Sitios Web Móviles Adaptativos. WICC 2017. http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/61343/Documento_completo.pdf?sequence=1#page=504 [fecha de última consulta: Marzo 2018]

[28] W3Schools. "W3CSS Tutorial". Disponible en: https://www.w3schools.com/w3css/ [fecha de última consulta: Marzo 2018]

[29] Otto M., Thornton J. "Bootstrap". 2010 Disponible en: http://getbootstrap.com/ [fecha de última consulta: Marzo 2018]

[30] Zurb. "Foundation - The most advanced responsive front-end framework in the world". 2011. Disponible en: http://foundation.zurb.com/ [fecha de última consulta: Marzo 2018]

[31] PM2. http://pm2.keymetrics.io/ [fecha de última consulta: Mayo 2018].

Rocío Andrea Rodríguez. Doctora en Ciencias Informáticas (UNLP-Universidad Nacional de La Plata), Ingeniera en Informática (UNLaM-Universidad Nacional de La Matanza). Es profesora de grado en la UNLaM y UTN (Universidad Tecnológica Nacional); profesora de postgrado en la UAI (Universidad Abierta Interamericana) y UNLaM. Directora Académica del GIDFIS (Grupo de Investigación y Desarrollo en Innovación de Software) en UNLaM. Directora de proyectos de investigación en UAI y UNLaM. Además dirige pasantes, becarios y tesistas. Ha participado como jurado de tesis y revisora de: artículos, proyectos de extensión universitaria y programas co-financiados. Siendo autora de: libros, capítulos de libros y artículos académicos.

Pablo Cammarano. Ingeniero en Informática (UNLaM - Universidad Nacional de La Matanza). Obtuvo un reconocimiento siendo seleccionado entre los mejores egresados de Carreras de Ingeniería en Argentina otorgado por la Academia Nacional de Ingeniería. Es Investigador del GIDFIS (Grupo de Investigación y Desarrollo en Innovación de Software) en UNLaM. En el ámbito privado, es Desarrollador de Software en una empresa productora de software. Ha participado en carácter de autor y expositor de publicaciones académicas.

Daniel Alberto Giulianelli. Doctor en Ciencias Económicas (UNLaM-Universidad Nacional de La Matanza). Doctor en Ciencias Informáticas (UNLP-Universidad Nacional de La Plata). Magister en Educación Superior (UNLaM). Licenciado en Sistemas (UTN-Universidad Tecnológica Nacional). Licenciado en Administración de la Educación Superior (UNLaM). Es profesor de grado en UNLaM y UTN, profesor de postgrado en UNLaM. Además, en UNLaM es: Secretario de Ciencia y Tecnología en el DIIT (Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas), consejero superior (representación de Docentes) del DIIT. Director de Proyectos de Investigación en UNLaM. Autor de diversas publicaciones académicas, miembro de jurado de tesis, revisor de artículos académicos.

Pablo Martín Vera. Doctor en Ciencias Informáticas (UNLP-Universidad Nacional de La Plata), Ingeniero en Informática (UNLaM-Universidad Nacional de La Matanza). Es profesor de grado en el UNLaM y UTN (Universidad Tecnológica Nacional). Docente de posgrado en UNLaM y en la UAI (Universidad Abierta Interamericana). Director de proyectos de investigación en UNLaM y UAI. Supervisor de PPS (Prácticas Profesionales Supervisadas) de alumnos de Ingeniería en UNLaM, Director de Becarios (UAI y UNLaM), Dirección de tesis (Maestría y Doctorado). Revisor de publicaciones académicas. En el ámbito privado, es Director de Tecnología en una empresa de telecomunicaciones.

Artemisa Trigueros. Magister en Informática (UNLaM - Universidad Nacional de La Matanza). Computadora Científica (UBA - Universidad Nacional de Buenos Aires). Título Docente (Instituto Superior de Formación Docente 45). Es profesora de Grado en UNLaM y UTN (Universidad Tecnológica Nacional). Además en UNLaM es: Investigadora del GIDFIS (Grupo de Investigación y Desarrollo en Innovación de Software), codirectora del Proyecto MIeL Móvil (Materias Interactivas en Línea), coordinadora de Fundamentos de TICs. Se desempeña también como: Consultora de Informática Educativa; profesora de inglés (Instituto Argentino de Estudios Ingleses). Autora de publicaciones en congresos, libros y revistas. Expositora en diversos congresos.

Luciano Albornoz. Estudiante de Ingeniería en Informática (UNLaM - Universidad Nacional de La Matanza). Es miembro colaborador del GIDFIS (Grupo de Investigación y Desarrollo en Innovación de Software) en UNLaM.

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 Capitulo 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, Spain.