UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS EN
TOPOGRAFÍA, GEODESIA Y CARTOGRAFÍA

DISEÑO DE UNA RED MULTINIVEL DE CONOCIMIENTO
CERTIFICADO Y SU APLICACIÓN A LA ENSEÑANZA
UNIVERSITARIA

TESIS DOCTORAL

FERNANDO JAVIER NAHARRO BERROCAL
LICENCIADO EN INFORMÁTICA

2016

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA TOPOGRÁFICA Y
CARTOGRAFÍA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS EN
TOPOGRAFÍA, GEODESIA Y CARTOGRAFÍA

DISEÑO DE UNA RED MULTINIVEL DE CONOCIMIENTO
CERTIFICADO Y SU APLICACIÓN A LA ENSEÑANZA
UNIVERSITARIA

FERNANDO JAVIER NAHARRO BERROCAL
LICENCIADO EN INFORMÁTICA

DIRECTOR: AGUSTÍN MOLINA GARCÍA
DR. INGENIERO DE MONTES

2016

Tribunal nombrado por el Sr. Rector Magnífico de la Universidad Politécnica de Madrid, el día ____ de _____ de ____.

Presidente: _____

Vocal: _____

Vocal: _____

Vocal: _____

Secretario: _____

Suplente: _____

Suplente: _____

Realizado el acto de defensa y lectura de la Tesis el día ____ de _____ de 2016 en la ETS de Ingenieros en Topografía, Geodesia y Cartografía.

Calificación _____

EL PRESIDENTE

LOS VOCALES

RESUMEN Y ABSTRACT

RESUMEN Y ABSTRACT

RESUMEN

En la investigación en e-Learning existe un interés especial en la adaptación de los objetos de aprendizaje al estudiante, que se puede realizar por distintos caminos: considerando el perfil del estudiante, los estilos de aprendizaje, estableciendo rutas de aprendizaje, a través de la tutoría individualizada o utilizando sistemas de recomendación. Aunque se han realizado avances en estas facetas de la adaptación, los enfoques existentes aportan soluciones para un entorno específico, sin que exista una orientación que resuelva la adaptación con una perspectiva más genérica, en el contexto de los objetos de aprendizaje y de la enseñanza. Esta tesis, con la propuesta de una “red multinivel de conocimiento certificado” aborda la adaptación a los perfiles de los estudiantes, asume la reutilización de los objetos de aprendizaje e introduce la certificación de los contenidos, sentando las bases de lo que podría ser una solución global al aprendizaje. La propuesta se basa en reestructurar los contenidos en forma de red, en establecer distintos niveles de detalle para los contenidos de cada nodo de la red, para facilitar la adaptación a los conocimientos previos del estudiante, y en certificar los contenidos con expertos. La “red multinivel” se implementa en una asignatura universitaria de grado, integrándola en los apuntes, y se aplica a la enseñanza. La validación de la propuesta se realiza desde cuatro perspectivas: en las dos primeras, se realiza un análisis estadístico para calcular la tasa de aceptación y se aplica un modelo TAM, extrayendo los datos para realizar el análisis de una encuesta que cumplimentan los alumnos; en las otras dos, se analizan las calificaciones académicas y las encuestas de opinión sobre la docencia. Se obtiene una tasa de aceptación del 81% y se confirman el 90% de las hipótesis del modelo TAM, se mejoran las calificaciones en un 21% y las encuestas de opinión en un 9%, lo que valida la propuesta y su aplicación a la enseñanza.

ABSTRACT

E-Learning research holds a special interest in the adaptation of learning objects to the student, which can be performed in different ways: taking into account the student profile or learning styles, by establishing learning paths, through individualized tutoring or using recommender systems. Although progress has been made in these types of adaptation, existing approaches provide solutions for a specific environment without an approach that addresses the adaptation from a more general perspective, that is, in the context of learning objects and teaching. This thesis, with the proposal of a “certified knowledge multilevel network”, focuses on adapting to the student profile, it is based on the reuse of learning objects and introduces the certification of the contents, laying the foundations for what could be a global solution to learning. The proposal is based on restructuring the contents on a network setting different levels of depth in the contents of each node of the network to facilitate adaptation to the student’s background, and certify the contents with experts. The multilevel network is implemented in a university degree course, integrating it into the notes, and applied to teaching. The validation of the proposal is made from four perspectives: the first two, a statistical analysis is performed to calculate the rate of acceptance and the TAM model is applied, extracting data for analysis of a questionnaire-based survey completed by the students; the other two, academic qualifications and surveys about teaching are analyzed. The acceptance rate is 81%, 90% of TAM model assumptions are confirmed, academic qualifications are improved 21% and opinion survey 9%, which validates the proposal and its application to teaching.

OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

OBJETIVOS

El objetivo de esta tesis es aportar conocimientos para resolver el problema de la adaptación de los contenidos a los conocimientos previos de los estudiantes, así como el de la calidad de los contenidos, con el propósito de mejorar la eficacia del aprendizaje, habida cuenta de que ambos problemas continúan sin solventarse. Para alcanzar este objetivo se realiza una propuesta de una red multinivel de conocimiento certificado, que se valida contrastándola con los estudiantes, mediante la aceptación de la propuesta, la mejora en las calificaciones académicas y en las encuestas de opinión de la docencia, con la intención última de aplicar la propuesta a la enseñanza.

METODOLOGÍA

En la elaboración de esta tesis se han aplicado una serie de métodos, que se describen a continuación, relacionados con los capítulos de esta obra:

En el Capítulo 1, “Investigación en objetos de aprendizaje”, se realiza, por una parte, el estudio del estado de la técnica en la adaptación de los objetos de aprendizaje y en las medidas de la calidad de los contenidos, identificando problemas sin resolver, o susceptibles de otro enfoque en su resolución. El estudio de la adaptación se realiza desde distintos ángulos: los perfiles de los estudiantes, los estilos de aprendizaje, el establecimiento de rutas de aprendizaje, la tutorización del estudiante y el empleo de sistemas de recomendación.

En el Capítulo 2, “Propuesta de una Red Multinivel de Conocimiento Certificado”, se formaliza una propuesta que aporte soluciones a la adaptación de los objetos de aprendizaje a los perfiles de los estudiantes, a la calidad de los contenidos, y que simplifique la reutilización de los objetos de aprendizaje.

En el Capítulo 3, “Reestructuración, adaptada a la propuesta, de los contenidos de una asignatura universitaria”, y en el Capítulo 4, “Implementación de la propuesta en los apuntes de una asignatura universitaria”, se establecen los criterios y las técnicas necesarias para la aplicación de la propuesta en el entorno de enseñanza universitario.

En el Capítulo 5, “Utilización del modelo de aceptación de la tecnología para la validación de la propuesta”, se explica el modelo TAM, modelo de referencia en el análisis de aceptación de la tecnología, empleado para la validación de esta tesis, mientras que en el Capítulo 6, “Uso de tintas hipsométricas topográficas para la interpretación de los resultados” se introduce el uso de tintas hipsométricas en Cartografía, que serán aplicadas igualmente al analizar la aceptación de la propuesta.

En el Capítulo 7, “Aplicación de la propuesta a la enseñanza universitaria y análisis de resultados”, se utiliza la propuesta en la enseñanza de una asignatura de grado, para validar tanto la aceptación de dicha propuesta como la mejora en los resultados de la enseñanza. Con la intención de corroborar la aceptación, los estudiantes cumplimentan una encuesta, a partir de la cual se calcula la tasa de aceptación y se comprueban las hipótesis del modelo TAM, usando tintas hipsométricas como representación gráfica. En lo relativo al estudio de la mejora en la enseñanza, se considera el análisis de las calificaciones académicas y de las encuestas de opinión sobre la docencia, referenciadas al grupo experimental y al de control.

TABLA DE CONTENIDOS

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN Y ABSTRACT	3
OBJETIVOS Y METODOLOGÍA.....	7
TABLA DE CONTENIDOS	11
1. INVESTIGACIÓN EN OBJETOS DE APRENDIZAJE.....	15
1.1. OBJETOS DE APRENDIZAJE: METADATOS, REPOSITARIOS Y ESTÁNDARES ..	15
1.2. CMS, LMS Y LCMS.....	17
1.3. INVESTIGACIÓN EN ADAPTACIÓN Y CALIDAD DE LOS OBJETOS DE APRENDIZAJE.....	18
1.3.1. LA BÚSQUEDA Y RECUPERACIÓN DE LA INFORMACIÓN	18
1.3.2. LA ADAPTACIÓN DE LA ENSEÑANZA AL ESTUDIANTE.....	23
1.3.2.1. EL PERFIL DEL ESTUDIANTE.....	24
1.3.2.2. LOS ESTILOS DE APRENDIZAJE	30
1.3.2.3. EL ITINERARIO DE APRENDIZAJE	41
1.3.2.4. LA TUTORIZACIÓN.....	47
1.3.2.5. LOS SISTEMAS DE RECOMENDACIÓN	55
1.3.2.6. OTRAS EXPERIENCIAS EN ADAPTACIÓN	69
1.3.3. LA REUTILIZACIÓN Y EL DISEÑO DE LOS OBJETOS DE APRENDIZAJE	76
1.3.4. LA CALIDAD DE LOS OBJETOS DE APRENDIZAJE.....	82
2. PROPUESTA DE UNA RED MULTINIVEL DE CONOCIMIENTO CERTIFICADO.....	89
3. REESTRUCTURACIÓN, ADAPTADA A LA PROPUESTA, DE LOS CONTENIDOS DE UNA ASIGNATURA UNIVERSITARIA	99
4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA EN LOS APUNTES DE UNA ASIGNATURA UNIVERSITARIA	107
4.1. UTILIZACIÓN DE “DIAGRAMAS DE CONTENIDOS”	108
4.2. DESARROLLO DE LOS CONTENIDOS CON DISTINTO NIVEL DE DETALLE	110
4.3. EMPLEO DE CONECTORES DE SECUENCIACIÓN EN CONTENIDOS CON DISTINTO NIVEL DE DETALLE	113
4.4. CONTENIDOS REFRENDADOS POR EL AUTOR	116
5. UTILIZACIÓN DEL MODELO DE ACEPTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA PARA LA VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA.....	119
6. USO DE TINTAS HIPNOMÉTRICAS TOPOGRÁFICAS PARA LA INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	125

TABLA DE CONTENIDOS

6.1.	MAPAS Y REPRESENTACIÓN ALTIMÉTRICA.....	125
6.2.	TINTAS HIPSOMÉTRICAS.....	128
6.2.1.	SELECCIÓN DE ZONAS.....	128
6.2.2.	SELECCIÓN DE LA GAMA DE COLOR	131
7.	APLICACIÓN DE LA PROPUESTA A LA ENSEÑANZA UNIVERSITARIA Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	137
7.1.	ANÁLISIS DE ACEPTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA	138
7.1.1.	RECOPIACIÓN DE LOS DATOS	143
7.1.2.	ANÁLISIS UNIDIMENSIONAL DE LAS CUESTIONES	149
7.1.2.1.	CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS UNIDIMENSIONAL DE LAS CUESTIONES.....	183
7.1.3.	ANÁLISIS BIDIMENSIONAL INTRACUESTIONES.....	189
7.1.3.1.	REPRESENTACIÓN DE LA CORRELACIÓN Y UTILIZACIÓN DE TINTAS HIPSOMÉTRICAS.....	190
7.1.3.2.	CÁLCULO Y ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES INTRACUESTIONES	195
7.1.3.3.	CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS BIDIMENSIONAL INTRACUESTIONES	213
7.1.4.	ANÁLISIS BIDIMENSIONAL INTERCUESTIONES.....	215
7.1.4.1.	CÁLCULO Y ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES INTERCUESTIONES.....	216
7.1.4.2.	CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS BIDIMENSIONAL INTERCUESTIONES	223
7.1.5.	ANÁLISIS UNIDIMENSIONAL DE LAS CUESTIONES EN EL MODELO TAM RECONFIGURADO.....	224
7.1.6.	CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS DE ACEPTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA.....	228
7.2.	ANÁLISIS DE LAS CALIFICACIONES ACADÉMICAS	229
7.2.1.	CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS DE LAS CALIFICACIONES ACADÉMICAS.....	236
7.3.	ANÁLISIS DE LAS ENCUESTAS DE OPINIÓN SOBRE LA DOCENCIA.....	236
7.3.1.	CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS DE LAS ENCUESTAS DE OPINIÓN SOBRE LA DOCENCIA.....	242
7.4.	CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE LA PROPUESTA	243
	CONCLUSIONES	247
	APORTACIONES	253
	LÍNEAS FUTURAS DE TRABAJO.....	257
	SIGLAS Y ACRÓNIMOS	261
	ÍNDICE DE TÉRMINOS.....	269
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y BIBLIOGRAFÍA.....	275
	AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIA	299

INVESTIGACIÓN EN OBJETOS DE APRENDIZAJE

1. INVESTIGACIÓN EN OBJETOS DE APRENDIZAJE

En el aprendizaje consideramos como unidades tácticas los Objetos de Aprendizaje, estrechamente vinculados al e-Learning, o Aprendizaje Electrónico. La adaptación de estos Objetos de Aprendizaje a la forma en la que se realiza tanto la enseñanza como el aprendizaje, representa un elemento básico en la mejora de la eficiencia del proceso. La calidad de estos objetos de aprendizaje constituye otra línea de investigación, poco explorada, quizá menos relevante que la adaptación.

1.1. OBJETOS DE APRENDIZAJE: METADATOS, REPOSITORIOS Y ESTÁNDARES

Un Objeto de Aprendizaje, o Learning Object (LO), es básicamente una unidad de aprendizaje, y como tal definida por un objetivo, unos contenidos, unas actividades y evaluación. El término fue introducido en 1967 por Gerard ([R.W. Gerard, 1967]), y aunque existen denominaciones alternativas, como la de [R. McGreal, 2004], suele persistir bien la palabra objeto o la palabra unidad, encontrándonos con términos como objetos de contenido, objeto de conocimiento, objeto de información, recurso educativo, unidad de aprendizaje o unidad de estudio.

En la definición de [A. Chiappe, 2007], se hace referencia a las características de los LOs, y se vincula al concepto de Metadato del Objeto de Aprendizaje, o Learning Object Metadata (LOM). Este autor define un LO como una entidad reutilizable y autocontenida, con un objetivo didáctico claro, que incorpora una información adicional, los metadatos, que facilitan su almacenaje y recuperación (Figura 1.1).

Fig.1.1. Diagrama representando un Objeto de Aprendizaje.

En las definiciones dadas, se está evitando incluir términos como digital o multimedia, que en ciertas ocasiones aparecen, pero que, en nuestra opinión, limitan el concepto. La agrupación de objetos de aprendizaje, en un repositorio, se denomina Repositorio de Objetos de Aprendizaje, o Learning Object Repository (LOR), repositorios que dan una mayor proyección a los LOs.

Existen definiciones alternativas, como la de [R. J. Beck, 2008], que extienden las características de los LOs:

- el tiempo dedicado al aprendizaje de un LO debe ser reducido;
- la granularidad es una característica de los LOs que hace referencia al tamaño del LO;
- los LOs deben poder ser modificables o actualizables y sus contenidos duraderos con el paso del tiempo;
- los LOs deben ser autocontenidos, cada LO es independiente de los demás, y por lo tanto puede ser aprendido independientemente;
- los LOs deben ser accesibles, localizables. Un LO deben estar etiquetado con una información adicional o metadata, para que se pueda y almacenar adecuadamente en un Repositorio de Objetos de Aprendizaje, de manera que posteriormente pueda ser buscado y localizado;
- un LO debe ser reutilizable en otros contextos, y no sólo para el que se concibió;
- los LOs deben ser flexibles y versátiles, de manera que puedan utilizarse en distintos contextos;
- los LOs deben poder ser ensamblables entre sí, para formar una secuencia de aprendizaje;
- y debe ser posible generar LOs derivados de los existentes.

Características como la reutilización, o el ensamblaje se facilitan con la estandarización, o utilización de unas normas comunes en la creación de los LOs. Existen instituciones como Advanced Distributed Learning ([ADL]), o IEEE Learning Technology Standards Committee ([IEEE TLSC]) con este propósito, e incluso estándares concretos, por ejemplo para los metadatos, como es el IEEE LOM v1.0.

1.2. CMS, LMS Y LCMS

Hoy en día la mayoría de los LOs son digitales, existiendo una estrecha vinculación entre e-Learning y LOs. En e-Learning se utiliza software para la creación de contenidos y para la administración del propio proceso de aprendizaje ([W. Watson, 2007]):

- el software que se utiliza para la creación de contenidos se denomina Sistema de Administración de Contenidos, o Content Management System (CMS);
- el utilizado para la administración del propio proceso de enseñanza, Sistema de Administración de Aprendizaje, o Learning Management System (LMS);
- y el que combina ambas funcionalidades, Sistema de Administración de Contenidos y de Aprendizaje, o Learning Content Management System (LCMS) (Figura 1.2).

Fig. 1.2. Comparación de CMS, LMS y LCMS.

El CMS está integrado por dos componentes ([B. Boiko, 2005], [A. Mauthe, P. Thomas, 2004]):

- la Aplicación de Administración de Contenido, o Content Management Application (CMA), que permite al autor (sin tener conocimientos de lenguajes de programación) crear, modificar o eliminar un contenido;
- y la Aplicación de Visualización de Contenidos, o Content Display Application (CDA), que permite, por ejemplo, cambiar el diseño con que se visualizan los contenidos.

Si los contenidos fueran LOs, se podría construir un curso específico agrupando LOs determinados.

Con el LMS se realizan tareas de administración del proceso de aprendizaje ([S. Kerschenbaum, 2009]), como por ejemplo:

- la inscripción de alumnos, la concesión de permisos a profesores, alumnos;
- la temporalización de actividades, el seguimiento del aprendizaje y la evaluación;
- y la comunicación entre alumnos o con los profesores, a través de foros, chats, o videoconferencia.

Como algunos ejemplos de lo expuesto hasta ahora tendríamos MERLOT (Multimedia Educational Resource for Learning and Online Teaching, [MERLOT]) que sería un LOR, que además incluye una herramienta o CMS para crear dichos LOs, o MOODLE (Modular Object Oriented Dynamic Learning Environment) que sería un LMS. Estos LMSs están programados en un lenguaje de programación, y utilizan una base de datos en el back-end. Los LMSs pueden ser comerciales o bien open source, habiéndose convertido algunos comerciales, como SCORM (Sharable Content Object Reference Model), en estándar de facto.

1.3. INVESTIGACIÓN EN ADAPTACIÓN Y CALIDAD DE LOS OBJETOS DE APRENDIZAJE

Cuando profundizamos en las experiencias con objetos de aprendizaje, concretamente en las enfocadas a la adaptación de la enseñanza, aparecen dos áreas estrechamente conectadas con ésta: la búsqueda y recuperación de la información y la reutilización de los objetos de aprendizaje. La adaptación, se puede abordar desde distintas perspectivas, complementarias entre sí, como son los perfiles de los estudiantes, sus estilos de aprendizaje, los itinerarios de aprendizaje, la tutoría o los sistemas de recomendación. La calidad de los contenidos, de los objetos de aprendizaje, es un área que se está empezando a investigar.

1.3.1. LA BÚSQUEDA Y RECUPERACIÓN DE LA INFORMACIÓN

La búsqueda simple de información, basada en palabras clave (keywords), genera unos resultados con ciertas limitaciones debido a que resulta difícil identificar objetos coincidentes con una búsqueda de texto exacta. Esto ha motivado la aparición de

nuevos enfoques que, a través de métodos, algoritmos o sistemas concretos, intentan superar estas deficiencias en la búsqueda y recuperación de objetos. Algunas de estas investigaciones tienen como común denominador basarse en ontologías -que se utilizan como formalismo para describir el conocimiento y la información-, que son aplicadas a la web semántica.

Entre estos enfoques alternativos a la búsqueda simple, destacamos los siguientes: el algoritmo de recuperación de información de [M. Thangaraj, G. Sujatha, 2014]; las herramientas de búsqueda de [G. Vega et al., 2010]; el sistema de búsqueda semántica de [N.M. Zaid, S.K. Lau, 2014]; el algoritmo de expansión de consultas de [M. Lee et al., 2008]; el sistema de extracción de información de [T.I. Wang et al., 2009]; el método de localización de información de [R. Kawase et al., 2014]; la ontología de extensión de consultas de [N.A. Segura et al., 2011]; el sistema de identificación de objetos coincidentes de [S. Tejada et al., 2001]; y por último, el método de clasificación multietiqueta de [V.F. López et al., 2012].

Los actuales Sistemas de Recuperación de Información web, o Information Retrieval System (IRS), recuperan información relevante sólo basándose en las palabras clave, lo que es inadecuado para la mayoría de datos: ofrecen capacidades limitadas para captar los conceptos y la relación entre las palabras clave. Estas limitaciones nos conducen al enfoque de la búsqueda conceptual que incluye conceptos y significados. En [M. Thangaraj, G. Sujatha, 2014] se estudia un Sistema de Recuperación de Información Basado en la Semántica para búsqueda en la web y se acompaña un algoritmo mejorado para recuperar la información de una manera más eficiente. La arquitectura toma como entrada una lista plana de palabras clave proporcionados por el usuario y la consulta se convierte en una consulta semántica. La información relevante para la consulta semántica es recuperada y clasificada de acuerdo a su relevancia con la ayuda de un algoritmo mejorado. El análisis de rendimiento muestra que el sistema propuesto puede mejorar la precisión y la eficacia para la recuperación de documentos web relevantes en comparación con los sistemas existentes.

En [G. Vega et al., 2010] se presenta OnToolSearch, un sistema de búsqueda que puede ser empleado por los instructores para encontrar herramientas para apoyar el aprendizaje colaborativo. Las herramientas de búsqueda usadas comúnmente permiten búsquedas simples de palabras clave, limitando la exactitud de los resultados obtenidos. En cambio OnToolSearch admite la semántica en las consultas que se realizan a una base de conocimiento, anotadas con la ontología OnToolCole, especialmente diseñada para adaptarse a las preguntas de los instructores. Además, OnToolSearch ofrece una interfaz innovadora de manipulación directa a los instructores, para facilitar la formulación de la consulta así como el análisis de los resultados obtenidos.

Para evaluar esta propuesta, un grupo de instructores se ocupó de realizar un estudio formal comparativo de OnToolSearch con un servicio de búsqueda de palabra clave basado en Lucene. Se propusieron seis tareas de búsqueda, cada una respondiendo a las necesidades de una herramienta de aprendizaje de un escenario real CSCL (Computer Supported Cooperative Learning). Los participantes tenían que encontrar herramientas para estas tareas de búsqueda usando alternativamente ambos sistemas. Los resultados de la evaluación mostraron que el rendimiento en la recuperación fue significativamente mejor con OnToolSearch, a pesar de la experiencia previa de los instructores con búsquedas de palabras clave. Los instructores calificaron muy positivamente la interfaz de usuario de OnToolSearch y consideraron este sistema muy útil para encontrar herramientas para sus contextos de aprendizaje.

En [N.M. Zaid, S.K. Lau, 2014] se describe la comparación de las herramientas, para el desarrollo de ontologías para un sistema de búsqueda de información para unos estudiantes sin experiencia en una universidad local de Malasia para buscar recursos académicos en el contexto de la lengua local (Bahasa Malasia). El grupo de estudiantes se enfrenta a dos problemas principales cuando se utiliza el sistema actual compuesto de búsqueda por palabra clave. En primer lugar la barrera del idioma limita la capacidad de los estudiantes para realizar búsqueda por palabras clave en un idioma extranjero (como el inglés). En segundo lugar la limitada experiencia en realizar consultas a menudo resulta en la obtención de resultados de búsqueda irrelevantes. El sistema de búsqueda semántico propuesta tiene por objeto aplicar la búsqueda basada en ontologías para superar los dos problemas anteriores. En conjunto se presenta la

primera fase de desarrollo del sistema, el diseño de la ontología, y la herramienta de desarrollo de dicha ontología.

Para resolver los problemas relacionados con la compartición y la reutilización de materiales didácticos en diferentes sistemas de e-Learning, han sido recientemente propuestos por varias organizaciones internacionales diferentes formatos estándar, incluyendo SCORM, IMS, LOM y AICC. SCORM LOM (Learning Object Metadata), facilita la indexación y búsqueda de objetos de aprendizaje en un repositorio de objetos de aprendizaje a través de la compartición extendida. Sin embargo, LOM tiene una debilidad en términos de capacidad para tener en cuenta la semántica. La mayoría de los sistemas de recuperación de información suponen que los usuarios conocen sus necesidades. Sin embargo, en los sistemas de e-Learning, los usuarios pueden no tener la menor idea de lo que están buscando. En [M. Lee et al., 2008] se presenta un enfoque ontológico a la recuperación de LO teniendo en cuenta la semántica.

Este enfoque tiene dos características significativas nuevas: un algoritmo de expansión de las consultas basado en la ontología, completamente automático, para inferir y la añadir la intención del usuario en función de su consulta corta, y otro procedimiento de "eliminación de la ambigüedad" para corregir aquellos términos de consulta inapropiados del usuario. Este enfoque es lo suficientemente genérico para ser integrado a otros mecanismos de búsqueda, basados en LOM, para recuperación de LO, teniendo en cuenta la semántica. Centrado en el material de aprendizaje digital y en contraste con otras tecnologías de búsqueda basados en palabras clave, el enfoque propuesto demuestra experimentalmente una mejora significativa en la precisión de la recuperación y en la tasa de recuerdo.

Las herramientas más populares hoy en día para buscar conocimiento son los motores de búsqueda basados en palabras clave (keywords) de Google o Yahoo. Los usuarios pueden obtener fácilmente la información que necesitan, pero después tienen que leer y organizar estos documentos manualmente. Para facilitar este proceso, en [T.I. Wang et al., 2009] se propone un sistema de consulta de adquisición de conocimiento basado en ontologías que construye dinámicamente ontologías parciales basadas en las consultas para dar respuestas precisas a las consultas de los usuarios.

Para construir estas relaciones y la jerarquía de conceptos en forma de ontología se adopta el enfoque del análisis conceptual. Una vez construida la ontología, el sistema puede deducir la respuesta específica de acuerdo con las relaciones y la jerarquía de ontología sin necesitar que los usuarios lean el conjunto de documentos. Se recogieron tres tipos de páginas como documentos de partida, evaluándose la precisión del sistema en el experimento, que reveló que el enfoque propuesto puede funcionar con eficacia.

El volumen de información en la web está en constante crecimiento. En consecuencia, la búsqueda de piezas concretas de información se convierte cada vez en una tarea más difícil. La Wikipedia, el mayor sitio web de referencia online empieza a ser testigo de este fenómeno. Sin embargo, a medida que pasa el tiempo, los artículos de la Wikipedia se hacen cada vez más extensos y la información concreta se vuelve más difícil de localizar. En [R. Kawase et al., 2014] se propone un método de anotación automática que es capaz de asignar, de forma precisa, categorías a cualquier recurso en forma de texto. El enfoque se basa en las anotaciones semánticas mejoradas y en el esquema de categorización de Wikipedia. Los resultados del estudio con usuarios muestran que la propuesta ofrece resultados satisfactorios para la clasificación de texto y proporciona un apoyo útil para la localización de información. Como resultado, la investigación demuestra que puede ayudar a los estudiantes a identificar fácilmente los temas de interés entre recursos textuales extensos.

En [N.A. Segura et al., 2011] se propone una extensión de las consultas, basada en ontologías de dominio formales, en el contexto de la búsqueda de recursos de aprendizaje en repositorios. Las pruebas se realizaron utilizando la ontología Gene como base de conocimiento y MERLOT como repositorio de prueba. Los resultados de este caso de estudio indican que, con similares niveles de precisión, las consultas ampliadas mejoran la cobertura, en comparación con la consulta original (sin extensión), es decir, las consultas ampliadas permiten al usuario recuperar objetos relevantes, que no podrían obtenerse sin la extensión.

Al integrar información de múltiples sitios web, pueden existir los mismos objetos de datos pero en formatos de texto inconsistentes, por lo que es difícil identificar objetos coincidentes utilizando una búsqueda de texto exacta. En [S. Tejada et al., 2001] se ha

desarrollado un sistema de identificación de objetos denominado Active Atlas, que compara los atributos compartidos de los objetos para identificar los objetos coincidentes. Ciertos atributos son más importantes para decidir si existe una relación entre dos objetos. Los métodos anteriores de identificación de objetos requerían la construcción manual de reglas de identificación de objetos, o reglas de correspondencia, para determinar las correlaciones entre objetos. Este proceso manual es lento y propenso a errores. En este enfoque, Active Atlas aprende a adaptar las reglas de correspondencia, a través de la entrada de un usuario, a un dominio de aplicación específico. Los resultados experimentales demuestran que se consigue una mayor precisión y que se requiere menos participación de los usuarios que los métodos anteriores en varios dominios de aplicación. [S. Tejada et al., 2001]

En [V.F. López et al., 2012] se describe un enfoque que utiliza métodos de clasificación multietiqueta para la búsqueda de objetos de aprendizaje etiquetados por Learning Object Metadata (LOM). Específicamente el modelo ofrece una metodología que ilustra cómo se hacen corresponder las multietiquetas a los LOs en consultas tipo a través de un espacio multietiqueta. Con el fin de construir el modelo, también se propone, y previamente se investiga, el uso de un algoritmo de clasificación multietiqueta, utilizando sólo las características del LO. Como muchos LOs incluyen material textual que puede ser indexado, y tales índices se pueden utilizar para filtrar los objetos emparejándolos con las palabras claves proporcionadas por el usuario, se realizaron los pertinentes experimentos, utilizando las características del texto para comparar la exactitud con los resultados de los metadatos.

1.3.2. LA ADAPTACIÓN DE LA ENSEÑANZA AL ESTUDIANTE

Al abordar la adaptación de la enseñanza al estudiante, nos apoyamos en distintos hitos en los que se fundamenta la enseñanza: el perfil del estudiante, los estilos e itinerarios de aprendizaje y la tutoría. En un entorno de aprendizaje adaptativo, el primer aspecto que se considera es el perfil del estudiante, es decir las características personales, las necesidades, las preferencias y los intereses del estudiante. Otro aspecto que revierte en un aprendizaje más eficaz, es adaptar las estrategias de enseñanza a la forma en la

que los estudiantes aprenden, a las actividades y materiales didácticos que utilizan, a sus estilos de aprendizaje. La selección del itinerario de aprendizaje, es decir la elección y combinación de las secuencias de objetos de aprendizaje para que los objetos recomendados en el itinerario resulten apropiados a cada estudiante, es otro elemento a tener en cuenta.

Por último, la tutoría, actividad para la recomendación a cada estudiante de tareas concretas para lograr objetivos específicos, se complementa con los sistemas de recomendación, herramientas diseñadas para aconsejar recursos de aprendizaje a los estudiantes, de manera automatizada y a la medida de sus preferencias. En casi todos estos ámbitos, existe una tendencia a la automatización -herramienta importante para resolver el problema-, que ha generado numerosas experiencias e investigaciones.

1.3.2.1. EL PERFIL DEL ESTUDIANTE

En las aulas tradicionales, el profesor utiliza su experiencia e inteligencia, para adaptar el método de enseñanza y estilo al estudiante promedio. En un entorno de aprendizaje adaptativo se consideran el perfil del estudiante, es decir las características personales, cognitivas o sociales, las necesidades, las preferencias y los intereses del estudiante, para adaptar los contenidos. El objetivo es intentar evitar que los mismos contenidos estén a disposición de todos los estudiantes.

De entre las investigaciones realizadas considerando el perfil del estudiante, resaltamos las siguientes: la adaptación de los cursos de [S.A. Gamelel-Din, 2010] para se ajusten a las habilidades individuales y preferencias de cada estudiante; el modelado de los estudiantes de [M.R. Fani et al., 2012], previo a la recomendación de contenidos educativos; el "aprendizaje inclusivo" de [M. Guenaga et al., 2012] que integra las variables pedagógicas y tecnológicas, al adaptar la enseñanza a los estudiantes de acuerdo a sus características, necesidades e intereses; la búsqueda personalizada de objetos de aprendizaje que realiza [Y. Biletskiy et al., 2009] comparando el perfil del alumno con las descripciones de los objetos de aprendizaje; la consideración conjunta de los perfiles de los alumnos, los materiales de aprendizaje y las estrategias de aprendizaje que integra [M.A. Salahli et al., 2012] en su Sistema Difuso de Gestión del

Conocimiento; el sistema basado en XML de [P. de Meo et al., 2007] teniendo en cuenta el perfil, los comportamientos anteriores, las preferencias y las necesidades de los usuarios; la extensión de [M. Rey et al., 2009] para permitir la adaptación del standard SCORM a las características de los usuarios; el análisis de [B. Jerman-Blažič, T. Klobučar, 2005] de los actuales estándares de e-Learning en lo que respecta a los esquemas usados para definir, almacenar y administrar los perfiles de usuario; el sistema e-Learning adaptativo de [B. Saleena, S.K. Srivatsa, 2014] que genera un contenido personalizado para cada usuario, dependiendo del perfil de usuario; el enfoque híbrido de [I. Hsu, 2013] que con el etiquetado semántico y las preferencias del usuario facilita una recomendación personalizada de etiqueta social; y por último, la utilización que hace [Y.A. Pollalis, G. Mavrommatis, 2009] de los coeficientes de similitud entre usuarios y objetos de aprendizaje para la creación automática de grupos colaborativos convenientemente formados.

La educación a distancia ha pasado por cuatro generaciones en poco más de un siglo. Esas cuatro generaciones, aunque han elevado el nivel de interacción entre el estudiante y su instructor a distancia, y los compañeros de clase, aún adolecen de componentes esenciales para una enseñanza eficaz, como son personalizar un curso, en cuanto a la materia, y adoptar el estilo de enseñanza de acuerdo con el perfil del estudiante. En las aulas tradicionales, el profesor utiliza su experiencia e inteligencia para adaptar el método de enseñanza y estilo, para satisfacer el estudiante promedio en el aula. La investigación de [S.A. Gamelel-Din, 2010] se centra en la mejora de la eficacia y la calidad del e-Learning basado en la web, adaptando la autoría de los cursos para que coincida con las habilidades individuales y preferencias de cada estudiante. El proyecto de un entorno inteligente de e-Learning tiene como objetivo principal el empleo de técnicas de Inteligencia Artificial para conducir el e-Learning hacia la quinta generación de e-Learning. La idea es integrar las teorías de diseño instruccional, así como las teorías de aprendizaje y cognitivas en los entornos e-Learning para proporcionar un entorno "one-to-one" de e-Learning más inteligente y, por tanto, más eficaz. Se describen tanto una visión de alto nivel como los detalles más técnicos.

La falta de adaptación de los contenidos educativos a los estudiantes, que los mismos contenidos estén disponibles para todos los estudiantes, es uno de los

problemas del e-Learning. Una manera de abordar este problema es realizar el modelado de los estudiantes antes de recomendar los contenidos educativos. En [M.R. Fani et al., 2012] se propone una nueva arquitectura, para el uso de contenidos de antologías, para el modelado de los usuarios. Los contenidos de aprendizaje, que se ajustan al modelo del estudiante, se ofertan a los alumnos. Otros parámetros como los tipos de actividad que utilizan cada alumno y la información personal del alumno se utilizan también para optimizar el modelo.

El "aprendizaje inclusivo" integra las variables pedagógicas y tecnológicas, lo que implica adaptarse a los estudiantes de acuerdo a sus características (personales, físicos, cognitivos, sociales ...), necesidades e intereses. Con el objetivo de evaluar el nivel de inclusión de los objetos de aprendizaje, en [M. Guenaga et al., 2012] se desarrolla un cuestionario que recoge información sobre aspectos pedagógicos y tecnológicos que promueven o desalientan la inclusión. Características como el modelo pedagógico, las actividades, el tipo de evaluación, los recursos multimedia, la interacción persona-ordenador, los criterios de accesibilidad y usabilidad, etc., son las variables que inciden en el nivel de inclusión de los objetos educativos y los elementos que se han incluido en el cuestionario.

Esta segunda versión de la herramienta, se ha refinado con las conclusiones obtenidas a partir de la aplicación de la versión preliminar en más de 50 objetos de aprendizaje desarrollados en el marco de financiación del Gobierno Vasco. Estos objetos están disponibles bajo la licencia Creative Commons en la página web Agrega del Departamento de Educación, y representan el estilo y las características de más de 350 objetos.

En [Y. Biletskiy et al., 2009] se describe una solución técnica para la búsqueda personalizada de objetos de aprendizaje en la Web, que propone una comparación del perfil del alumno (usuario) con descripciones de los objetos de aprendizaje. Esta comparación se basa no sólo en valores de los atributos del perfil y los atributos de las descripciones de los objetos de aprendizaje, sino que también considera la importancia de estos atributos para el alumno. Con el fin de poner en práctica esta búsqueda se desarrollan modelos ontológicos del alumno y de los objetos de aprendizaje, y se adoptan enfoques para la determinación y el ajuste de las preferencias del alumno

utilizando las ontologías correspondientes. Se seleccionan los criterios de estimación de la idoneidad de los objetos de aprendizaje para el perfil del estudiante y se dan unos coeficientes para medir la importancia de estos criterios, así como un método para ajustar estos coeficientes.

La personalización del aprendizaje es una de las formas más importantes para mejorar la eficacia de la educación, pero es un proceso complejo que requiere la consideración de numerosos factores tales como los perfiles de los alumnos, los materiales de aprendizaje y las estrategias de aprendizaje. En [M.A. Salahli et al., 2012] se presenta el Sistema Difuso de Gestión del Conocimiento, o Fuzzy Knowledge Management System (FKMS), para el aprendizaje personalizado, considerando todos los factores antes mencionados, en su conjunto, no por separado, a diferencia de muchos estudios sobre este tema de investigación. El objetivo principal del sistema es ofrecer a los alumnos los materiales de aprendizaje más adecuados teniendo en cuenta su nivel de conocimiento y otras características de aprendizaje. La base de conocimiento del sistema contiene los cursos y ontologías de los conceptos, los perfiles de los alumnos y el conocimiento de los objetos de aprendizaje.

En [P. de Meo et al., 2007] se presenta X-Learn, un sistema basado en XML, multi-agente para apoyar las actividades de e-Learning adaptativo, es decir, de un e-Learning en que se tenga en cuenta el perfil, los comportamientos anteriores, las preferencias y las necesidades de los usuarios, así como las características de los dispositivos que se utilizan para estas actividades. X-Learn se identifica por las siguientes características: (i) es altamente subjetivo, ya que elabora un perfil de usuario muy rico y detallado que juega un papel clave en las actividades de aprendizaje; (ii) es dinámico y flexible, es decir, es capaz de reaccionar a las variaciones en las exigencias y objetivos de los usuarios; (iii) es adaptativo al dispositivo, ya que decide los objetos de aprendizaje a presentar al usuario según el dispositivo que esté utilizando; (iv) es genérico, es decir, es capaz de funcionar en una gran variedad de contextos de aprendizaje; (v) al estar basado en XML, explota muchas facilidades de la tecnología XML para el manejo e intercambio de información relacionado con actividades e-Learning. Se ofrecen los resultados experimentales y una comparación entre X-Learn y otros sistemas de gestión de e-Learning.

Los actuales standards de e-Learning han sido diseñados para proporcionar reutilización e interoperabilidad, pero en cambio no apoyan plenamente la personalización de los contenidos. En [M. Rey et al., 2009] se estudian las posibilidades de adaptación del standard SCORM y se presenta una extensión para permitir la adaptación con arreglo a las características de los usuarios. Esta extensión se compone de una sintaxis de reglas de adaptación basadas en un conjunto de parámetros de adaptación. Los valores de estos parámetros de adaptación se deducen del perfil de usuario, usando reglas de inferencia. Como resultado se obtienen cursos adaptativos, ya personalizados antes de enseñárselos al alumno.

La privacidad es entendida como el derecho a la no intrusión en la vida privada o en los asuntos de un individuo, cuando ésta se debe a una indebida, o ilegal recopilación y uso de datos, sobre ese individuo. El uso apropiado de las tecnologías pueden proporcionar privacidad y protección de datos; sin embargo, estas tecnologías requieren atributos concretos en las bases de datos que contienen información que debe ser protegida. Esto no resulta obvio en los esquemas standards existentes en e-Learning. En [B. Jerman-Blažič, T. Klobučar, 2005] se analizan los actuales estándares de e-Learning en relación a los esquemas usados para definir, almacenar y administrar los perfiles de usuario en los sistemas estandarizados de e-Learning. Se da una visión general de los requisitos para proveer privacidad y analiza los elementos requeridos en estos sistemas y se comentan y evalúan las soluciones existentes. En el proyecto ELENA se da una solución mejorada, que sigue las normas existentes, pero que introduce nuevas características que permiten una mejor protección de los datos sensibles y una gestión más eficiente, dejando a los usuarios decidir acerca de la protección que quieren.

El e-Learning es uno de los medios de aprendizaje preferidos de los alumnos. Los estudiantes buscan en la web, para recopilar información sobre un tema en particular. La recuperación de materiales relevantes de un dominio se puede implementar fácilmente si la información se organiza y relaciona de alguna manera. Las ontologías son un concepto clave que nos ayuda a relacionar información para proporcionar las lecciones más relevantes para el alumno. En [B. Saleena, S.K. Srivatsa,

2014] se propone un sistema de e-Learning adaptativo, que genera un contenido específico para el usuario, comparando los conceptos en más de un sitio, usando medidas de similitud. Para el proceso de comparación, se define una medida de ontología cruzada, que consiste en una ontología de dominio difuso como ontología primaria y una ontología de dominio del experto como ontología secundaria. Se proporciona al usuario un documento personalizado, con un perfil de usuario, que incluye los datos obtenidos del procesamiento del método propuesto con una puntuación del usuario, que se obtiene a través de la evaluación del usuario. Los resultados del sistema de e-Learning propuesto usando esta medida de similitud de ontología cruzada diseñada muestran un aumento significativo en el rendimiento y en la precisión en cualquier situación. La evaluación del análisis comparativo, muestra la diferencia en el rendimiento y una mayor eficacia del método propuesto frente a otros métodos.

Los sistemas de etiquetado social aventajan la interoperabilidad facilitando la búsqueda, el intercambio y el intercambio de recursos de etiquetado. Un inconveniente importante de los sistemas de etiquetado social existente es que las etiquetas sociales se utilizan como palabras clave en la búsqueda basada en palabras clave. Se centran en las palabras clave y en la interpretabilidad humana más que en el conocimiento semántico interpretable por el ordenador. Por tanto las etiquetas sociales son útiles para el intercambio de información y su organización, pero carecen de la interpretabilidad del ordenador necesaria para facilitar una recomendación de etiqueta social personalizada. Una cuestión interesante es cómo generar automáticamente una recomendación personalizada de etiqueta social cuando un usuario accede a los recursos. La solución novedosa propuesta en [I. Hsu, 2013] es un enfoque híbrido que parte de un perfil de recursos basado en el etiquetado semántico y en las preferencias del usuario para facilitar una recomendación personalizada de etiqueta social. Los experimentos muestran que la precisión y la recuperación del enfoque híbrido propuesto mejora la exactitud de la recomendación de la etiqueta social.

La adaptabilidad a las necesidades y preferencias de cada usuario por separado es una preocupación común en los sistemas de e-Learning. Entre las diversas técnicas de adaptación descritas en investigaciones recientes, en la faceta colaborativa se busca cómo crear grupos que puedan trabajar juntos de manera eficiente. En [Y.A. Pollalis, G.

Mavrommatis, 2009] se definen dos coeficientes de similitud entre los usuarios y los objetos de aprendizaje y se centra en la creación automática de grupos colaborativos convenientemente formados basándose en un enfoque algorítmico. Mediante la adopción de métodos derivados de la Tecnología de Grupos, el método selecciona simultáneamente los objetos de aprendizaje adecuados para formar un paquete educativo para cada grupo, asegurando así el valor óptimo de aprendizaje del usuario.

1.3.2.2. LOS ESTILOS DE APRENDIZAJE

El aprendizaje se hace más eficaz, y se mejoran los resultados, si se adaptan las estrategias de enseñanza a la forma en que aprenden los estudiantes, a las actividades y materiales didácticos que utilizan, en definitiva, a sus estilos de aprendizaje. Es preciso adecuar también los objetos de aprendizaje a los estilos de aprendizaje.

Entre las investigaciones o estudios realizados en torno a estos estilos de aprendizaje, son de destacar los siguientes: el estudio de [L.S. Mestre, 2012a] acerca de las estrategias y directrices para diseñar objetos de aprendizaje adaptándose a diferentes estilos de aprendizaje; la recopilación de [L.S. Mestre, 2012b] sobre los estilos de aprendizaje de cada persona, incluyendo las definiciones, teorías y modelos; el análisis de [Y. Akbulut, C.S. Cardak, 2012] acerca de la investigación, en los sistemas adaptativos, del estilo de aprendizaje; el estudio de [F. Dağ, A. Geçer, 2009] de las investigaciones realizadas en la última década concernientes a estilos de aprendizaje; el análisis de [L.S. Mestre, 2013] de los estudios que han investigado cómo procesan y retienen la información los estudiantes de diferentes culturas, cuáles son sus estilos de aprendizaje; el estudio de [N.A. Sahabudin, M.B. Ali, 2013] para analizar cómo el estilo de aprendizaje influye en la elección de un material de aprendizaje en un formato específico; el diseño de un sistema de aprendizaje adaptativo de [U. Ocepek et al., 2013], relacionando combinaciones de diferentes estilos de aprendizaje con los materiales multimedia del estudiante; el análisis en profundidad de [C.F. Lin et al., 2014] acerca de la relación entre los materiales de aprendizaje y los rasgos personales; el estudio de [I.N. Umar, T.H. Hiu, 2012] sobre la influencia del estilo en el aprendizaje del lenguaje de programación C ++; el enfoque automático, dinámico y probabilístico de [F.A. Dorca et al., 2013] para el modelado de los estilos de aprendizaje, basados en el

refuerzo de aprendizaje; el desarrollo del sistema Lecomps5 de [C. Limongelli et al., 2011], infraestructura didáctica que da apoyo a la producción automatizada y a la adaptación de los cursos a los estilos de aprendizaje; el estudio de [C. Lorenzo et al., 2014] donde se analiza cómo las herramientas 2.0 -como la Web 2.0-, son usadas en función de los estilos de aprendizaje; el análisis de [I. Mahazir et al., 2013] de la relación entre el estilo de aprendizaje y el nivel de aceptación de un curso concreto de ingeniería; el estudio de [E. Kurilovas et al., 2014c] sobre cómo los entornos virtuales de enseñanza se adaptan a los estilos de aprendizaje; la ontología de [J. Wang et al., 2014] definida para ayudar, a los sistemas de apoyo al aprendizaje, a personalizar las relaciones entre los ítems de conocimiento y los materiales de aprendizaje de esos ítems; la comunidad de aprendizaje online de [R.J. Chenail, 2004], diseñada para que los estudiantes y profesores puedan aprender e investigar a su propio ritmo y de acuerdo a sus propias necesidades; y el diseño, desarrollo, implementación y evaluación del sistema UZWEBMAT realizado en [Ö. Özyurt et al., 2013a], [Ö. Özyurt et al., 2013b] y [Ö. Özyurt et al., 2014], sistema en el que los contenidos se transforman en objetos de aprendizaje, de acuerdo con el estilo de aprendizaje VAK (Visual Auditory Kinesthetic).

En el proceso de diseño de un objeto de aprendizaje, es fundamental para el éxito conocer y seguir las normas y convenciones y, desde la tormenta de ideas hasta el lanzamiento del producto, es necesario que haya evaluación iterativa, para determinar si los usuarios se están acercando, utilizando y comprendiendo el objeto según lo previsto. En [L.S. Mestre, 2012a] se tratan las estrategias y directrices para diseñar objetos de aprendizaje, adaptándose a diferentes estilos de aprendizaje; es preciso conocer las estrategias adecuadas para que las estrategias pedagógicas resulten eficaces en el medio online. Se incluyen también ejemplos de cómo se diseñan los objetos, tanto para los principiantes como para los expertos, teniendo en cuenta la coherencia en el lenguaje, la organización, la navegación, las actividades y la forma de evitar la sobrecarga cognitiva.

En [L.S. Mestre, 2012b] se proporciona una visión general de los estilos de aprendizaje, incluyendo las definiciones, teorías y modelos. La investigación de los estilos de aprendizaje ha producido muchas teorías y modelos que se han aplicado en diversos ámbitos, como la universidad y la industria, para explicar cómo las diferentes

personas realizan su aprendizaje, así como la forma en que adquieren y procesan la información. Cada modelo ofrece una perspectiva diferente sobre qué características individuales afectan al proceso de aprendizaje. La identificación, clasificación, o la definición de estilos de aprendizaje varían ampliamente dependiendo de la perspectiva del investigador. Se analizan algunas teorías de estilo de aprendizaje relevantes para el estudio de Mestre.

La implementación de intervenciones educativas para adaptarse a las diferencias de los alumnos ha recibido una considerable atención, aunque la evidencia empírica sobre el valor pedagógico de los estilos de aprendizaje ha sido cuestionada. Los desarrollos recientes en implementaciones basadas en la Web han llevado a los estudiosos a reorientar la investigación del estilo de aprendizaje hacia los sistemas adaptativos. En [Y. Akbulut, C.S. Cardak, 2012] se realizó un análisis de los estudios recientes sobre Hipermedia Educativa Adaptativa, o Adaptive Educational Hypermedia (AEH), orientada a los estilos de aprendizaje. Después de una extensa búsqueda en bases de datos, setenta estudios fueron seleccionados y sometidos a análisis.

Las características del análisis se clasificaron en objetivos de la investigación, metodología, características de las intervenciones adaptativas, modelado de los estudiantes y resultados. El análisis reveló que la mayoría de estudios propone un marco o modelo para la adaptación, mientras que pocos estudios abordan la efectividad de AEH basada en el estilo de aprendizaje. Se utilizaron diferentes medidas para la identificación del estilo de aprendizaje, en lugar de un modelado automático de los estudiantes. Las conclusiones sobre los resultados de aprendizaje concretos no fueron lo suficientemente fuertes, sin embargo, varios estudios revelaron que los modelos sugeridos influyen en la satisfacción de los estudiantes y en el éxito.

En [F. Dağ, A. Geçer, 2009] se analizan las investigaciones realizadas en la última década concernientes a los entornos de aprendizaje online y a los estilos de aprendizaje. Se han analizado investigaciones realizadas a lo largo de distintos años, países y niveles de educación, con distintos modelos de estilo de aprendizaje y métodos de investigación. En casi la totalidad de los trabajos de investigación se han utilizado en su mayoría estilos de aprendizaje cognitivos. Sin embargo, hay dos enfoques básicos de investigación visibles en los trabajos. Según la primera de estas aproximaciones, se

ha investigado cómo la presentación de los contenidos de aprendizaje y el aprendizaje de las herramientas son especificados en base a los estilos de aprendizaje, factor que incide en los resultados académicos de los alumnos. En el otro enfoque de investigación, los investigadores han utilizado estilos de aprendizaje como un factor de apoyo para diseñar entornos de aprendizaje online para el aprendizaje personalizado. Como resultado, se ha visto que, la mejora de los logros académicos en el aprendizaje en línea no sólo depende de los estilos de aprendizaje por sí mismos sino también de la motivación del alumno, los factores demográficos, las estrategias de enseñanza y los métodos de enseñanza.

Los investigadores han analizado cómo los estudiantes de diferentes culturas procesan y retienen información. Incluso reconociendo que hay diversos estilos de aprendizaje dentro de cada grupo étnico y racial, los investigadores mantienen que ciertos grupos culturales presentan características de estilo de aprendizaje similares. En [L.S. Mestre, 2013] se explora la intersección de la cultura, los estilos de aprendizaje y el aprendizaje online. Se realiza un resumen de los estudios que investigan cómo procesan y retienen la información los estudiantes de diferentes culturas y se sugieren algunas aplicaciones para el diseño de herramientas online, para reflejar mejor las necesidades o expectativas culturales. Se incluyen ejemplos de tutoriales y objetos de aprendizaje que proporcionan opciones para diferentes estilos de aprendizaje.

En el proceso de aprendizaje, los materiales de aprendizaje son uno de los principales factores a tener en cuenta por el instructor, ya que pueden contribuir a la aceptación de los conocimientos presentados a los estudiantes. El material de aprendizaje puede adoptar distintas formas y formatos, dependiendo de si los métodos de enseñanza usan la tecnología o si son convencionales. El formato de los materiales de aprendizaje está relacionado con los estilos de aprendizaje de los estudiantes, ya que éste se inclinará o no hacia un material de aprendizaje en función de su estilo de aprendizaje. Puesto que los individuos tienen un estilo de aprendizaje diferente, las necesidades de materiales de aprendizaje también lo son.

En [N.A. Sahabudin, M.B. Ali, 2013] se lleva a cabo un estudio para analizar el formato de los materiales, comparando los estilos de aprendizaje de los estudiantes basándose en el modelo de estilo de aprendizaje de Kolb. Un total de 39 estudiantes

participaron como encuestados en este estudio. Para determinar los estilos de aprendizaje de los estudiantes, se utilizaron instrumentos como LSI (Learning Style Inventory) o Inventario del Estilo de Aprendizaje. Para determinar los formatos de los materiales de aprendizaje, se realizaron previamente entrevistas en función de los estilos de aprendizaje. Aunque los estilos de aprendizaje de Kolb se dividen en cuatro grupos, este estudio mostró que el formato de los materiales de aprendizaje de los estudiantes se divide en dos únicos grupos.

Hay muchos sistemas de aprendizaje adaptativo que adaptan los materiales de aprendizaje a las características de los estudiantes, a sus preferencias. En [U. Ocepek et al., 2013] el interés se centra en el diseño de un sistema de aprendizaje de este tipo, relacionando combinaciones de diferentes estilos de aprendizaje con los materiales multimedia preferidos. Se estudia un modelo de decisión dirigido a proponer el material de aprendizaje multimedia apropiado. El modelo de decisión resultante muestra que, los estudiantes que participaron en el experimento, prefieren textos de aprendizaje bien estructurados, con la discriminación de color, y que el modelo de estilo de aprendizaje hemisférico es el criterio más importante para decidir las preferencias de los estudiantes ante diferentes materiales de aprendizaje multimedia. Para proporcionar un modelo más preciso y fiable, al recomendar diferentes tipos de multimedia, deben combinarse más modelos de estilo de aprendizaje. La clasificación de Kolb y la clasificación VAK (Visual, Auditory and Kinaesthetic) nos permiten conocer si los estudiantes prefieren un papel activo en el proceso de aprendizaje y qué tipo de multimedia prefieren.

El cultivo de las habilidades en la resolución de problemas se ha convertido recientemente en un enfoque popular en los sistemas de aprendizaje. Por otra parte, se sabe que los materiales de instrucción pueden ser diseñados con diferentes tipos de materiales de aprendizaje y que, el grado en el que el aprendizaje mejora el rendimiento, depende del tipo de materiales de aprendizaje previstos para el alumno. En [C.F. Lin et al., 2014] se desarrolla un Sistema de Aprendizaje de Resolución de Problemas, o Problem-Solving Learning System (PSLS), basado en materiales a base de juegos de animación y en la teoría de resolución de problemas, y se realiza un análisis en profundidad de la relación entre los materiales de aprendizaje y los rasgos personales.

El sistema PSLS consta de una serie de tareas para inferir soluciones, que pueden ser utilizados para entrenar a los alumnos en la resolución de problemas.

Los participantes en este estudio fueron 134 estudiantes universitarios a los que se les pidió analizar las diferencias en el aprendizaje y en la auto-percepción de la dificultad al usar diversos materiales de aprendizaje. También ocho profesores fueron incluidos en este estudio con el fin de examinar la eficacia de PSLS. Los resultados muestran que los estilos de aprendizaje influyen no sólo en los resultados del aprendizaje, sino también la autopercepción de los niveles de dificultad con materiales a base de juegos animados en ciertos escenarios. Los participantes mostraron un 95% de probabilidad de obtener la satisfacción superior a la media del usuario, lo que sugiere que los PSLS puede ser un buen vehículo para proporcionar actividades de resolución de problemas.

El propósito del estudio de [I.N. Umar, T.H. Hiu, 2012] es investigar la influencia del estilo en el aprendizaje del lenguaje C ++, especialmente en términos de calidad del código escrito y de número de errores cometidos al programar. Un total de 120 estudiantes de informática participaron en este estudio realizado a lo largo de siete semanas. Los estudiantes fueron repartidos al azar en grupos, asignándoseles la Metáfora de Programación por Parejas (MPP), la Programación en Parejas (PP) simplemente, o Instrucción en la Metáfora (MI). Los participantes en los grupos MPP y PP trabajaron en parejas en base a la dimensión visual-verbal del estilo de aprendizaje, y los del grupo MI trabajaron individualmente.

Se utilizaron dos tareas para medir el rendimiento al codificar. Los resultados indicaron que los estudiantes visuales del grupo MPP consiguieron más calidad en el código y cometieron menos errores en la codificación que los de los grupos PP y MI. Además, el método MPP ayudó a los estudiantes verbales a sobresalir en la codificación de C ++, en comparación con los grupos PP y MI. Se observó la correlación directa entre la calidad del código y el número de errores. Las metáforas ayudaron a los estudiantes visuales en el desarrollo de un entendimiento más profundo mediante la vinculación de lo conocido a los conceptos recién adquiridos. En el enfoque de la programación en parejas, los estudiantes verbales obtuvieron mejores resultados a través de discusiones entre pares.

Un gran número de estudios dan fe de que el aprendizaje se facilita si las estrategias de enseñanza se ajustan a los estilos de aprendizaje de los estudiantes, haciendo el proceso de aprendizaje más eficaz y mejorando los resultados de los estudiantes. En [F.A. Dorca et al., 2013] se presenta un enfoque automático, dinámico y probabilístico para el modelado de los estilos de aprendizaje basados en el refuerzo de aprendizaje. Se proponen y se prueban mediante distintos experimentos tres estrategias para actualizar el modelo de estudiante. Los experimentos demostraron que el método es capaz de detectar automáticamente y ajustar con precisión los estilos de aprendizaje de los estudiantes, basándose en los aspectos no deterministas y no estacionarios de los estilos de aprendizaje. Debido a los aspectos probabilísticos y dinámicos incluidos en la detección automática de los estilos de aprendizaje, el enfoque se ajusta gradual y constantemente al modelo del estudiante, teniendo en cuenta los resultados de los estudiantes, obteniéndose un modelo de estudiante muy ajustado.

Los sistemas educativos adaptativos basados en la web proporcionan a los estudiantes cursos personalizados, donde el material de aprendizaje se entrega a los alumnos teniendo en cuenta sus necesidades personales de aprendizaje, estilos de aprendizaje y progresos del aprendizaje. En [C. Limongelli et al., 2011] se muestra el sistema Lecomps5, una infraestructura didáctica, que da apoyo a la producción automatizada y a la adaptación de cursos personalizados. Esta infraestructura se diseñó con el fin de reducir el esfuerzo del profesor, que suele ser muy elevado en los sistemas adaptativos. Lecomps5 permite al profesor, a través de una herramienta didáctica sencilla e intuitiva, definir el material de aprendizaje, especificar las características relacionadas con la personalización y definir, en cierta medida, las estrategias didácticas que han de aplicarse. Con el fin de apoyar tanto la gestión de material de aprendizaje y la construcción automatizada de cursos personalizados, el sistema incorpora un planificador, basado en la lógica temporal lineal. La selección del material de aprendizaje, su secuenciación, y la realización de los cursos, se realiza considerando el conocimiento inicial, y en tiempo de ejecución, de los alumnos y los estilos de aprendizaje. El profesor puede centrarse más en sus tareas didácticas y en sus preferencias más que en las herramientas de creación y pasar menos tiempo para generar cursos.

En la investigación reflejada en [C. Lorenzo et al., 2014] se analiza cómo las herramientas 2.0 -como la Web 2.0-, contribuyen en la estrategia de negocio que ofrece la universidad en el proceso de enseñanza-aprendizaje, partiendo de los estilos de aprendizaje de los estudiantes, con el fin de analizar los perfiles obtenidos y por lo tanto poner en práctica las técnicas de aprendizaje adecuadas a cada perfil. Se realizó una encuesta online a los estudiantes de Grado en Administración de Empresas de la Universidad de Castilla-La Mancha (España), determinándose tres perfiles diferentes en función de los estilos de aprendizaje de cada uno de ellos y su uso de las herramientas Web 2.0 en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Cada perfil detectado requiere unas estrategias de enseñanza diferenciada, en la búsqueda constante de mejorar la enseñanza de los profesores y el aprendizaje de los estudiantes.

El estilo de aprendizaje, que es específico de cada individuo, se utiliza para describir la actitud y el comportamiento en los aprendizajes individuales. Los estudiantes de la politécnica son estudiantes que tienden a aprender algo de forma práctica, método muy adecuado para el aprendizaje móvil, a realizar en cualquier lugar y en cualquier momento. Pero, ¿existe alguna una relación entre el estilo de aprendizaje y el nivel de aceptación de un curso concreto, con aprendizaje móvil, en los estudiantes de ingeniería? En [I. Mahazir et al., 2013] se documenta un caso de estudio con AutoCAD, que involucra a 30 estudiantes de primer curso de la Escuela Politécnica Sultan Abdul Halim Mu'adzam Shah, del Departamento de Ingeniería Mecánica. La herramienta utilizada fue un cuestionario y los datos se analizaron para obtener la media, la desviación estándar y la correlación. Los resultados de este estudio muestran que existe una relación positiva y significativa entre el estilo de aprendizaje y el nivel de aceptación de aprendizaje móvil. En general, estos hallazgos contribuyen a la creación de materiales de aprendizaje móviles adecuados para el estilo de aprendizaje de los estudiantes de la politécnica.

En [E. Kurilovas et al., 2014c] se analiza la personalización de los objetos de aprendizaje (LOs) y el aprendizaje en Entornos Virtuales de Aprendizaje, o Virtual Learning Environments (VLE), en términos de su idoneidad a estilos de aprendizaje concretos. Se establecen interconexiones entre los estilos de aprendizaje de los estudiantes, sus actividades de aprendizaje preferidos, los métodos de enseñanza-

aprendizaje relevantes y los tipos de LOs. El vocabulario estandarizado de los métodos de enseñanza-aprendizaje y los tipos de LOs se utilizan para establecer estas interconexiones, que se representan con una ontología, que debe ayudar al alumno a encontrar los LOs más adecuados de acuerdo con los métodos o actividades preferidos de aprendizaje, y viceversa, es decir, a personalizar el aprendizaje.

En [J. Wang et al., 2014] se presenta una ontología para ayudar a los sistemas de apoyo al aprendizaje a personalizar las relaciones entre los ítems de conocimiento y los materiales de aprendizaje de esos ítems de conocimiento. Un diseño de ontología "individuo-clase-individuo", se aplica a la construcción de la ontología en un curso de gramática japonesa. Se construye también un sistema personalizable de apoyo al aprendizaje de idiomas para manipular la ontología, proporcionando una interfaz para la colocación de los objetos de aprendizaje, que muestra la representación visual de los ítems de conocimiento y sus relaciones. La intención del sistema es animar a los instructores a orientar los materiales de enseñanza hacia ítems de conocimiento específicos sin olvidar las relaciones entre estos ítems de conocimiento. Con estas características, el sistema de apoyo al aprendizaje, es capaz de proporcionar un entorno en el que los alumnos pueden distinguir entre ítems de conocimiento relacionados.

Basándose en el resultado de una evaluación preliminar, se realiza un estudio para explorar el impacto de los estilos de aprendizaje y los hábitos en el rendimiento del aprendizaje, para evaluar aún más el sistema de soporte del aprendizaje basado en la ontología propuesto. Los resultados del estudio sugieren tres puntos principales: (a) los alumnos del grupo experimental que aprenden con este sistema alcanzan resultados de aprendizaje significativamente mejores que los que hacen auto-estudio con libros de texto; (b) los resultados de aprendizaje del grupo experimental no se ven influenciados por sus estilos de aprendizaje o por el hábito de "aprender por comparación"; (c) en cuanto a la percepción del aprendizaje del grupo experimental, en comparación con los "estudiantes secuenciales", la mayoría de los "estudiantes globales" tienen la sensación de que la función de comparación es útil para mejorar el rendimiento en el aprendizaje, y los estudiantes que habitualmente no "aprenden por comparación" son más propensos a sufrir falta de la atención y a sentir más presión que los que habitualmente "aprenden por comparación".

Los instructores anhelan un entorno en el que la investigación cualitativa pueda ser realizada de una manera más flexible y creativa, una comunidad de aprendizaje online que se podría denominar Parque Online de Investigación, o Research Park Online (RPO). Este enfoque, basado en el plan de 1966 de Walt Disney, concretamente en su "Prototipo Experimental de la Comunidad del Futuro", o "Experimental Prototype Community of Tomorrow" (EPCOT) y en centros universitarios de investigación cooperativa, propone a las universidades -a través de ingeniería cualitativa-, desarrollar comunidades de aprendizaje online dedicados a la investigación.

En [R.J. Chenail, 2004] los recursos del RPO se construyen a partir de "Objetos de Aprendizaje Contextualizados para la Construcción de Conocimiento", o "Contextualized Learning Objects for Constructing Knowledge" (CLOCKs), a través de los cuales los "guías" del parque pueden generar nuevos conocimientos y tecnología, dedicar recursos del parque para recorrer los senderos mejor conocidos, o construir experiencias de diseño para satisfacer las necesidades de formación permanente de los usuarios. En el RPO, las "atracciones" son diseñadas para que los estudiantes y profesores puedan aprender e investigar a su propio ritmo y de acuerdo a sus propias necesidades.

En [Ö. Özyurt et al., 2013a] se diseña, desarrolla e implementa el sistema e-Learning UZWEBMAT (Adaptive and INtelligent WEB based MAThematics teaching-learning system). Este sistema de e-Learning fue pensado para la enseñanza de la probabilidad en el instituto. Los contenidos se prepararon de acuerdo con el currículo en Turquía para las matemáticas del instituto y se transformaron en objetos de aprendizaje, de tres maneras diferentes, de acuerdo con el estilo de aprendizaje VAK (Visual Auditory Kinesthetic). Los estilos de aprendizaje de los estudiantes se registraron en el sistema y cada alumno recibió el contenido más apropiado a su estilo de aprendizaje dominante, aunque podían ser redirigidos con un sistema experto hacia contenidos de otros estilos. Los objetos de aprendizaje correspondientes a los contenidos se prepararon de acuerdo con el enfoque constructivista. UZWEBMAT englobaba las características de un sistema tutorial inteligente, que da consejos a los estudiantes, y de un entorno e-Learning adaptativo.

En [Ö. Özyurt et al., 2013b] se evalúan los efectos de UZWEBMAT en el aprendizaje de los estudiantes. La población del estudio consta de un total de 81 estudiantes de 10º grado (4º de la ESO), de dos institutos en Trabzon (Turquía). Se extrajeron datos cualitativos y cuantitativos de las respuestas de los estudiantes. Los datos cuantitativos fueron dados como una distribución de frecuencias y porcentajes. Los datos cualitativos fueron analizados utilizando métodos de análisis cualitativos de datos. Los resultados del estudio indican que las opiniones con respecto a UZWEBMAT son bastante positivas. UZWEBMAT proporciona un entorno más adecuado para los estudiantes en lo relativo al aprendizaje individual. UZWEBMAT se puede utilizar también para reforzar la educación tradicional en el aula.

En [Ö. Özyurt et al., 2014] se vuelve a realizar un estudio de los efectos de UZWEBMAT en el aprendizaje, pero esta vez, la población de la investigación consistió en 106 estudiantes de undécimo grado (1º de Bachillerato). El método semi-experimental se utilizó en el estudio. Se utilizaron para la recogida de datos la prueba previa de competencia de la unidad de probabilidad, una prueba posterior, la escala de evaluación de UZWEBMAT por parte de los estudiantes, un formulario para el estudiante y un formulario para el profesor. Los resultados de la investigación indicaron que había una diferencia estadísticamente significativa a favor de los estudiantes del grupo experimental comparados con los estudiantes del grupo de control. Además, se obtuvo que los estudiantes varones del grupo experimental tuvieron más éxito que las estudiantes de dicho grupo.

Sin embargo, no hubo relación estadísticamente significativa entre los estilos de aprendizaje y los logros académicos de los estudiantes del grupo experimental (VAK). No se detectó ninguna relación estadísticamente significativa entre los sexos y los logros académicos de los estudiantes del grupo experimental con diferentes estilos de aprendizaje. Se concluyó que el mayor éxito de los estudiantes del grupo experimental resultó del hecho de que recibieron la enseñanza de acuerdo con sus estilos de aprendizaje a través de UZWEBMAT, los objetos de aprendizaje incluidos en UZWEBMAT tenían unas características estructurales adecuadas, los estudiantes disfrutaron aprendiendo en ese entorno, y mantuvieron un interés continuo en la lección.

1.3.2.3. EL ITINERARIO DE APRENDIZAJE

La selección del itinerario o currículo de aprendizaje consiste en elegir y combinar las secuencias de objetos de aprendizaje de manera que los objetos recomendados en cada itinerario resulten adecuado para cada estudiante. Estos itinerarios deben ser sintetizados automáticamente y deben incluirse facilidades para la navegación. En la generación de estos itinerarios se suelen utilizar técnicas de inteligencia artificial, algoritmos genéticos de hormigas o incluso la semántica.

Entre las experiencias en investigación, nos detenemos en las más relevantes: el sistema de hormiguero basado en atributos de [Y.J. Yang, C. Wu, 2009] utilizado para ayudar a los estudiantes a encontrar un objeto de aprendizaje adaptativo con mayor eficacia; el sistema de recomendación de diseño de aprendizaje de [G. Durand et al., 2014] basado en la teoría de grafos; el enfoque de [E. Kurilovas et al., 2014b] para recomendar itinerarios de aprendizaje adecuados para diferentes grupos de alumnos; la generación de nuevas secuencias de aprendizaje de [J. E. Rojas, 2012] utilizando la teoría de estilos de aprendizaje y la relación con las estrategias de aprendizaje; el cálculo de interpolación difusa y las técnicas de algoritmos genéticos de hormigas utilizados por [C. Hsu, C. Ho, 2012] para seleccionar los itinerarios y objetos de aprendizaje apropiados; la síntesis automática del currículo de aprendizaje usando las tecnologías de planificación de inteligencia artificial y de Web Semántica de [E. Kontopoulos et al., 2008]; el sistema de apoyo de aprendizaje con los enfoques de la construcción de itinerarios de aprendizaje y de la recomendación de objetos de aprendizaje de [T. Hsieh, T. Wang, 2010]; la propuesta de algoritmos de soporte a la navegación para el aprendizaje ubicuo sensible al contexto, teniendo en cuenta la eficacia del aprendizaje y la eficiencia de la navegación de [C. Chiou et al., 2010]; el análisis de las cuestiones pedagógicas a considerar en la aplicación de tecnologías educativas en secuenciación de [O. Marjanovic, 2007]; el análisis de [N. Katuk et al., 2013] de las diferencias en el aprendizaje cuando se utiliza un sistema e-Learning adaptativo en que el conocimiento del estudiante o su nivel de habilidad es utilizado para configurar el itinerario de aprendizaje; y por último, el sistema automatizado de [Y. Yang et al., 2013] para la generación de lecciones de manera que el esfuerzo cognitivo sea adecuado y la experiencia de aprendizaje eficiente.

Muchos profesores, como resultado de su experiencia y conocimiento del medio relacionado con la enseñanza, crean objetos de aprendizaje (LO) y los ponen en la web para su estudio. Pero la mayoría de los estudiantes no son capaces de encontrar los LO más adecuados para ellos. Es por ello que muchos investigadores se han centrado en el desarrollo de sistemas de e-Learning con mecanismos de aprendizaje personalizado para ayudar en el aprendizaje basado en la web y para proporcionar rutas de aprendizaje. Sin embargo, la mayoría de los sistemas de aprendizaje personalizado no consideran la relación entre los atributos del alumno (por ejemplo, estilo de aprendizaje, conocimiento del dominio) y los atributos de los LO, por lo que no es fácil para un estudiante encontrar un objeto de aprendizaje adaptativo que refleje sus propios atributos en relación con los atributos del LO.

En [Y.J. Yang, C. Wu, 2009], basándose en un Algoritmo de Optimización de Hormiguero, o Ant Colony Optimization (ACO), se propone un Sistema de Hormiguero basado en Atributos, o Attributes-based Ant Colony System (AACS), para ayudar a los estudiantes a encontrar un objeto de aprendizaje adaptativo con mayor eficacia. Como resultado del trabajo, se realizan cuatro aportaciones fundamentales: (1) se presenta un mecanismo de búsqueda basado en atributos para encontrar objetos de aprendizaje adaptativos con eficacia; (2) se propone un algoritmo de hormiga-atributos; (3) se desarrolla una regla de aprendizaje adaptativo para que los alumnos con diferentes atributos pueden localizar objetos de aprendizaje con una mayor probabilidad de ser útiles y adecuados; (4) se crea un portal de aprendizaje basado en la web para que los alumnos encuentren los objetos de aprendizaje con mayor eficacia.

El diseño del aprendizaje, la actividad de diseñar itinerarios de aprendizaje, puede ser una tarea compleja, especialmente para los principiantes. Un sistema de recomendación de diseño del aprendizaje ayudaría a los estudiantes autodidactas a encontrar objetos de aprendizaje adecuados y a construir itinerarios de aprendizaje eficientes durante su aprendizaje. La Minería de Datos Educativa, o Educational Data Mining (EDM), ha proporcionado una impresionante cantidad de novedades relacionadas con los sistemas de recomendación de LOs. Sin embargo, la mayoría de las soluciones propuestas hasta ahora no tienen en cuenta las dependencias eventuales entre los objetos de aprendizaje y / o no están diseñados para grandes repositorios de objetos de aprendizaje interdependientes. En [G. Durand et al., 2014] se propone un

modelo para construir un sistema de recomendación de diseño de aprendizaje basado en la teoría de grafos. Partiendo de este modelo, se implementa y se prueba el enfoque, utilizando el concepto de “hermandad”, para recomendar itinerarios de aprendizaje.

En [E. Kurilovas et al., 2014b] se presenta un nuevo enfoque para recomendar itinerarios de aprendizaje adecuados para diferentes grupos de alumnos. La selección del itinerario de aprendizaje consiste en elegir y combinar las secuencias de objetos de aprendizaje de acuerdo a las preferencias de los estudiantes. El itinerario de aprendizaje puede ser seleccionado mediante la aplicación de técnicas de inteligencia artificial, por ejemplo, un modelo de inteligencia en enjambre. En caso de modificar y / o cambiar algunos LOs en el camino de aprendizaje, se deben reajustar los nuevos y los viejos LOs y reasignar feromonas para conseguir recomendaciones efectivas de aprendizaje. Se propone un nuevo método basado en el algoritmo de optimización de hormiguero y en la adaptación de la solución al óptimo cambiante. Se eligió un proceso de simulación con un cambio dinámico de itinerarios de aprendizaje al insertar los nuevos LOs para verificar el método propuesto. Este trabajo realiza las siguientes contribuciones: (1) un enfoque de selección de itinerarios de aprendizaje dinámico basado en inteligencia de enjambre, y (2) un algoritmo de optimización de hormiguero modificado para la selección de itinerarios de aprendizaje. El enfoque desarrollado ayuda a los alumnos a alcanzar los LOs más adecuados, de acuerdo a sus preferencias y a los tutores, ayudando a estos a supervisar, refinar y mejorar los módulos de e-Learning y cursos de acuerdo con el comportamiento de los alumnos.

La adaptación es un elemento clave en los sistemas de aprendizaje basados en la web. En [J. E. Rojas, 2012] se utiliza la teoría de estilos de aprendizaje y su relación con las estrategias de aprendizaje para generar nuevas secuencias de aprendizaje. A través de los metadatos pueden ser definidas en los objetos de aprendizaje las estrategias de enseñanza. Los requisitos previos y los conceptos permiten la secuencia de los contenidos. En definitiva, se definen varios niveles semánticos para generar automáticamente nuevas secuencias de aprendizaje. Cada nivel semántico se aplica a los diferentes estilos de aprendizaje, aplicándose en un sistema de e-Learning basado en la ontología.

El aprendizaje móvil ofrece un contexto de aprendizaje ubicuo para los estudiantes, para seleccionar los itinerarios de aprendizaje y los objetos de aprendizaje adecuados. Los métodos de aprendizaje adaptativos y la planificación del itinerario correcto de aprendizaje pueden ayudar a lograr el objetivo de aprender en cualquier momento y en cualquier lugar. En [C. Hsu, C. Ho, 2012] se utiliza el aprendizaje basado en capacidades como base para evaluar la deficiencia en los conocimientos que el alumno debe superar. Se utiliza la selección del operador, el cálculo de interpolación difusa, y las técnicas de algoritmos genéticos de hormigas para seleccionar los itinerarios y objetos de aprendizaje apropiados. La capacidad de visualización de los dispositivos de aprendizaje móviles se ha convertido en un factor clave para el interés de los estudiantes. Se utiliza la tecnología de punto a punto Near Field Communication (NFC) para transferir el contenido de aprendizaje en el dispositivo de aprendizaje a una pantalla más grande con capacidad NFC, para mostrar el mismo contenido, proporcionando así un sistema completo de aprendizaje.

Los investigadores en el área de software educativo siempre han mostrado un gran interés en la síntesis automática del currículo de aprendizaje. Durante los últimos años, con el uso extensivo de metadatos y el surgimiento de la Web Semántica, esta idea se está convirtiendo paulatinamente en una realidad. Se han propuesto bastantes sistemas para la síntesis de currículos. Estos sistemas se basan en relaciones fuertes definidas en los metadatos de objetos de aprendizaje, que les permiten ser combinados con otros objetos de aprendizaje, con el fin de formar un programa educativo completo. En [E. Kontopoulos et al., 2008] se presenta PASER, un sistema para la síntesis de currículos de forma automática usando las tecnologías de planificación de inteligencia artificial y de Web Semántica. El uso de las técnicas de planificación clásica permite al sistema construir dinámicamente itinerarios de aprendizaje, incluso de objetos de aprendizaje disjuntos, adaptándose al perfil del estudiante, sus preferencias, necesidades y habilidades.

Aunque es posible encontrar y descargar de Internet materiales de aprendizaje específicos para obtener conocimiento fragmentado, la mayoría de los materiales son imperfectos y no tienen un orden específico en el contenido. La mayoría de los estudiantes autodidactas pasan la mayor parte del tiempo en la revisar y elegir los

materiales de aprendizaje recogidos de Internet. En [T. Hsieh, T. Wang, 2010] se desarrolla un sistema de apoyo de aprendizaje basado en la web que utiliza dos enfoques, el de la construcción de itinerarios de aprendizaje y el de la recomendación de objetos de aprendizaje. Con los documentos recogidos y un tema de aprendizaje, el sistema determina primero algunos cursos candidatos utilizando un enfoque de minería de datos basado en el algoritmo Apriori.

A continuación, el enfoque de la construcción del itinerario de aprendizaje, basado en el análisis de concepto formal, construye un entramado conceptual, utilizando palabras clave extraídas de algunos documentos seleccionados, para formar una relación jerárquica de todos los conceptos representados por las palabras clave. Después, utiliza otros algoritmos para calcular aún más relaciones entre los documentos para decidir un camino de aprendizaje adecuado. En el camino de aprendizaje elegido, el sistema de apoyo utiliza tanto los algoritmos basados en preferencia como los basados en la correlación para recomendar los objetos de aprendizaje más adecuados o los documentos para cada unidad de los cursos con el fin de facilitar el aprendizaje más eficiente para el alumno. Este sistema de apoyo e-Learning puede ser integrado en cualquier sistema de recuperación de información para hacer que la navegación por internet y el aprendizaje sea más eficiente.

En un entorno de aprendizaje ubicuo sensible al contexto, los estudiantes son guiados para aprender con soportes personalizados del sistema de aprendizaje, y los sistemas de aprendizaje pueden detectar conductas de aprendizaje de los estudiantes con la ayuda de la tecnología sensible al contexto. Existen unos parámetros dependientes del contexto que es probable que cambien con rapidez durante el proceso de aprendizaje, lo que hace que sea una cuestión difícil e importante encontrar un mecanismo de soporte a la navegación para sugerir itinerarios de aprendizaje para los estudiantes en tiempo real.

En [G. Hwang et al, 2010], se propone una optimización que modela los objetivos y los criterios para determinar itinerarios de aprendizaje ubicuo sensibles al contexto, para maximizar la eficacia del aprendizaje que se formula teniendo en cuenta los itinerarios de aprendizaje y el número de visitantes simultáneos a cada objeto de aprendizaje. Por otra parte, se propone un algoritmo heurístico para encontrar una

solución óptima. Los resultados experimentales obtenidos en una asignatura de ciencias de primaria describen los beneficios de este enfoque innovador.

En [C. Chiou et al., 2010], se aborda el soporte a la navegación en este tipo de aprendizaje ubicuo y se proponen dos algoritmos de soporte a la navegación, teniendo en cuenta la eficacia del aprendizaje y la eficiencia de la navegación. A partir de los resultados de la simulación del aprendizaje en el escenario de un museo de mariposas, se concluye que este enfoque innovador es útil a los estudiantes a utilizar de manera más eficaz y eficientemente los recursos de aprendizaje y lograr una mejor eficacia del aprendizaje.

Los sistemas complejos, usados tanto en la industria como en la universidad, soportan la secuenciación, y la navegación a través de unidades de contenido, y existen de dos tipos: basados en SCORM y sistemas basados en procesos de trabajo. Los esfuerzos de investigación actuales relacionados con las tecnologías de secuenciación se centran sobre todo en las cuestiones técnicas, mientras que las cuestiones pedagógicas asociadas quedan por explorar. El objetivo principal de [O. Marjanovic, 2007] es describir las cuestiones pedagógicas más importantes que deben tenerse en cuenta en la aplicación de cualquier tipo de tecnologías educativas de secuenciación (ya sea SCORM o basada en procesos de trabajo). Estos problemas se identificaron durante un proyecto de acción-aprendizaje relacionado con la aplicación práctica de un sistema educativo basado en procesos de trabajo. Durante la fase de reflexión de este proyecto, estas cuestiones fueron generalizadas, de manera que se pudieran aplicar a cualquier tipo de tecnología de secuenciación y, en cualquier dominio de aplicación (disciplina de la enseñanza). Se describe cómo la tecnología de secuenciación se puede utilizar para permitir una experiencia de aprendizaje más flexible (especialmente en términos de tiempo y de itinerarios flexibles de aprendizaje) y el posterior análisis detallado de las cuestiones pedagógicas asociadas.

Los sistemas de e-Learning tradicionales han evolucionado de manera espectacular para proporcionar formas más adaptativas de aprendizaje, en términos de objetivos de aprendizaje, cursos y procesos de aprendizaje individuales. En [N. Katuk et al., 2013] se analizan las diferencias en las experiencias de aprendizaje, desde la perspectiva del alumno, cuando se utiliza un sistema e-Learning adaptativo, donde el

conocimiento del estudiante o su nivel de habilidad es utilizado para configurar el itinerario de aprendizaje. Un punto destacado de este estudio es la evaluación de un Sistema de Secuenciación Dinámico de Contenidos, o Dynamic Content Sequencing System (DCSS), interpretando los resultados empíricos con la teoría del flujo de Csikszentmihalyi. El estudio se hizo con un total de 80 participantes, controlándose el tipo de sistema de e-Learning (DCSS vs. no DCSS). Los resultados indican que los alumnos con resultados más bajos o medianos obtuvieron ciertos beneficios con DCSS, mientras que los alumnos de alto rendimiento podían incluso llegar a aburrirse al utilizar el DCSS. Estos resultados tan dispares pueden servir como guía de diseño práctico para el desarrollo de sistemas de aprendizaje basados en ordenador más atractivos para el aprendizaje no supervisado.

En [Y. Yang et al., 2013] se propone un sistema automatizado de generación de lecciones para guiar a los principiantes a aprender los movimientos básicos de la danza. Analiza el baile para generar una lección en dos fases, de manera que el esfuerzo cognitivo sea adecuado, ofreciendo así una experiencia de aprendizaje eficiente. En la primera fase, el baile se divide en pequeños piezas o patrones, y luego esos patrones se colocan para formar un itinerario de aprendizaje que vaya de lo sencillo a lo complejo, teniendo en cuenta unos requisitos previos. El material didáctico de la segunda fase se encarga de guiar a los estudiantes a la hora de reunir todos los patrones en el baile completo. El proceso de aprendizaje de la segunda fase se adapta a los conocimientos del estudiante y a sus preferencias. Se supervisan los resultados de los estudiantes durante el proceso de aprendizaje, y adaptativamente se van añadiendo nuevos patrones para que los estudiantes los aprendan. En el estudio que se realizó participaron 52 estudiantes que nunca antes habían aprendido a bailar y los resultados fueron optimistas, de donde se deduce que la lección en dos fases es una manera práctica para aprender a bailar.

1.3.2.4. LA TUTORIZACIÓN

La tutorización es una actividad que consiste en la recomendación a cada estudiante de tareas concretas para lograr objetivos de aprendizaje específicos. Las experiencias y la investigación en tutorización suelen tener como objetivo la automatización de la tutoría, desarrollando sistemas inteligentes. En la tutoría automatizada, por una parte, hay que

analizar los hábitos de los alumnos, sus estilos de aprendizaje y, por otra parte, también hay que tener en cuenta parámetros específicos de los itinerarios de aprendizaje y del perfil del estudiante.

De entre estas experiencias, destacamos las siguientes: los principios de [J. Marciniak, 2014] para la creación de sistemas tutoriales inteligentes, utilizados en repositorios de contenidos e-Learning de crecimiento dinámico; el desarrollo del sistema inteligente de [R. Kresimir et al., 2014] destinado a la formación de los profesores; el soporte a la tutoría de [F. A. Mikic et al., 2012] en el Sistema Educativo Inteligente INES, prototipo de una plataforma e-Learning; el sistema de tutoría WebCoach de [M.C. Kasapbasi, 2014]; el sistema de tutoría web de [Ö. Özyurt et al., 2012], un sistema personalizado, adaptativo e inteligente, basado en el sistema experto UZWEBMAT; la investigación sobre las estrategias de retroalimentación de tutoría de [S. Narciss et al., 2014]; el módulo de recomendación de [A. Klačnja-Milićević, 2011] del Sistema de Tutoría de Programación PROTUS; el enfoque de [B. Vesin et al., 2012] para conseguir una personalización más elevada y efectiva en PROTUS, basado en tecnologías de Web Semántica; el Entorno de Aprendizaje Web 2.0 de [R. Zatarain et al., 2011], para una creación sistemática de sistemas de tutoría adaptativas e inteligentes usando Mapas Auto-Organizados; la guía de [K. Chrysafiadi, M. Virvou, 2013] acerca de las técnicas a adoptar en el diseño de un modelo del estudiante en un sistema de tutoría adaptativa; o el innovador algoritmo de adaptación de [A. Latham et al., 2014] para el Sistema Tutorial Inteligente Oscar.

En [J. Marciniak, 2014] se presentan los principios para la creación de sistemas tutoriales inteligentes, que se utilizan en los repositorios de contenidos e-Learning de crecimiento dinámico, teniendo en cuenta que para que funcione realmente como un sistema, es necesario dar a los contenidos la estructura adecuada para que puedan ser utilizados en numerosos contextos educativos. La arquitectura del sistema tutorial inteligente se basa en una ontología basada en WordNet, con el conocimiento del experto, que ha sido utilizado para la indexación de los recursos repositorio, y que es un componente básico de modelo. La solución en su totalidad se ha completado con un agente software, responsable de vincular el contenido más relevante en el repositorio a la estrategia educativa predefinida.

Al introducir un sistema de información unificado para todos los miembros de la Universidad de Mostar, surgieron dificultades y algún tipo de resistencia por parte de algunos empleados en la aplicación de este sistema de información. Para facilitar el proceso de aprendizaje, y al mismo tiempo reducir los costos administrativos y ahorrar tiempo en la formación, se fraguó la idea de desarrollar un sistema inteligente para la formación de los profesores en el sistema de información ([R. Kresimir et al., 2014]). El sistema tutorial inteligente proporciona un entorno avanzado de aprendizaje para los estudiantes, a la medida de su nivel de conocimientos. De la misma manera que se hace en el sistema en que se basa éste, se optó por MOODLE, aplicación para la creación y mantenimiento de cursos en línea a través de Internet. MOODLE ofrece a los profesores apoyo completo en la organización e implementación de cursos online. El plan ha consistido en desarrollar un sistema de enseñanza para el uso del sistema de información de la Universidad, totalmente automatizado y adaptable a las necesidades y los conocimientos actuales de cada profesor, que diera a este sistema las características de un sistema inteligente.

INES (INtelligent Educational System), o Sistema Educativo Inteligente, es un prototipo operativo de una plataforma para e-Learning, que incluye varias herramientas y tecnologías, tales como: (i) administración semántica de usuarios y contenidos; (ii) agentes conversacionales para comunicarse con los estudiantes en lenguaje natural; (iii) agentes basados en BDI (Believes-Desires-Intentions, o Creencias-Deseos-Intenciones), que conforman el módulo tutor del sistema; (iv) un motor de inferencia; y (v) las ontologías, para modelar semánticamente los usuarios, sus actividades y los contenidos de aprendizaje. En [F. A. Mikic et al., 2012] se realiza una contribución al módulo de tutoría inteligente del sistema. Brevemente expuesto, las tareas de este módulo serían las de reconocer a cada estudiante (comprobar sus credenciales en el sistema) y obtener información acerca de su progreso en el aprendizaje. Este módulo sería capaz de sugerir a cada estudiante tareas específicas para lograr objetivos de aprendizaje específicos, basados en varios parámetros relacionados con los itinerarios de aprendizaje existentes y el perfil del estudiante.

En [M.C. Kasapbasi, 2014] se presenta el modelo WebCoach, un nuevo enfoque de LCMS, y su evaluación. WebCoach es un sistema de tutoría basado en la web que utiliza técnicas de administración del conocimiento para convertir el conocimiento tácito de profesores y expertos con experiencia en conocimiento explícito. Los contenidos educativos, las pruebas y evaluaciones, y el glosario de términos para la asignatura de seguridad de la información, fueron preparados, recopilados y organizados por este sistema de tutoría, pudiendo ser utilizados y reutilizados como objetos de aprendizaje para apoyar el aprendizaje. En el estudio se realiza una comparación de WebCoach con otro LCMS. Un modelo de extensión conceptual denominado PLE se presenta también como contribución, una integración de objetos de aprendizaje y la nube.

WebCoach se ha aplicado en la Universidad de Comercio de Estambul dentro de la asignatura de seguridad de información. Las calificaciones de la asignatura y los cuestionarios realizados por los estudiantes de dos grupos de estudiantes del Grado de Ingeniería Informática se analizaron en el ámbito de este estudio. El grupo de control no tuvo acceso a WebCoach, mientras que el mismo curso fue impartido a través WebCoach en el grupo experimental. La metodología de enseñanza del grupo de control se basó en el modelo de narrativa clásica, observando que los estudiantes que usaban WebCoach han logrado mejores resultados en la prueba cuantitativa, en comparación con los estudiantes del grupo de control. El 86% de las opiniones de los estudiantes se mostraron satisfechos con el sistema WebCoach.

El propósito del estudio de [Ö. Özyurt et al., 2012] es diseñar un sistema de tutoría basado en la web, personalizado, adaptativo e inteligente, basado en el estilo de aprendizaje del sistema experto UZWEBMAT (abreviación turca de Adaptive and INtelligent WEB based MAThematics teaching-learning system, o Sistema de Aprendizaje-Enseñanza Adaptativo e Inteligente para las Matemáticas basado en la Web), y evaluar sus efectos en el aprendizaje del tema de probabilidad por estudiantes de décimo grado (4º de la ESO). En el estudio, en un principio, se prepararon los objetos de aprendizaje de tres maneras diferentes, en correspondencia a las tres áreas de sub-aprendizaje del estilo de aprendizaje VAK (Visual-Auditory-Kinesthetic, o Visual-Auditivo-Cinético), para cada apartado del tema de probabilidad. El estilo de aprendizaje dominante de cada estudiante determinó el contenido al que fue dirigido. El curso a

seguir por los estudiantes dentro de UZWEBMAT y su navegación por las páginas fueron decididos por un sistema experto integrado en el sistema.

Este sistema experto estableció las situaciones en las cuales el estudiante sería ayudado y el curso que seguiría, de acuerdo con los resultados del estudiante. De esta manera, cada estudiante podía seguir un curso diferente, permitiéndole tener un aprendizaje distinto adaptado a cada individuo. La muestra del estudio incluyó un total de 81 estudiantes de los grados décimo y 3 profesores de matemáticas de dos escuelas de secundaria en Trabzon, Turquía. Se obtuvieron datos cualitativos tanto de los profesores como de los estudiantes que participaron en el estudio, respondiendo a las cuestiones de la investigación acerca de la implementación y evaluación de UZWEBMAT para la enseñanza. Los datos obtenidos fueron analizados utilizando métodos de análisis de datos cualitativos. De acuerdo con los resultados del estudio, las opiniones positivas de los estudiantes y profesores, al tener en cuenta las diferencias individuales de aprendizaje, fueron relevantes. Además, también hubo otras opiniones positivas tales como que proporcionaba un aprendizaje permanente y que introducía la responsabilidad de aprendizaje a los estudiantes. En este sentido, se concluyó que UZWEBMAT es un instrumento beneficioso para los estudiantes y profesores.

La retroalimentación de la tutoría personalizada es un potente método que los tutores humanos expertos aplican cuando ayudan a los estudiantes a optimizar su aprendizaje. Por lo tanto, la investigación sobre las estrategias de retroalimentación de tutoría a medida, en función de factores importantes del proceso de aprendizaje es un tema prometedor en el campo de las tecnologías educativas adaptativas. En [S. Narciss et al., 2014] se busca contribuir a esta área de investigación, abordando los siguientes aspectos: en primer lugar, para investigar cómo el género de los estudiantes, el conocimiento previo, y las características de motivación se refieren a los resultados del aprendizaje (ganancia de conocimientos y cambios en la motivación); en segundo lugar, para investigar el impacto de estas características de los estudiantes en cómo las estrategias de retroalimentación de los mensajes de la tutoría, distintas en contenido (procedural vs. conceptual) y en especificidad (consejos concisos vs. explicaciones elaboradas) afecta al aprendizaje y motivación de los estudiantes; en tercer lugar, para explorar la influencia de los parámetros de realimentación y características de los estudiantes en el comportamiento posterior a la retroalimentación de los estudiantes

(saltar una tarea vs. intentar realizar una tarea, y fallar vs. acertar al proporcionar una respuesta).

Para analizar estas cuestiones, se han llevado a cabo análisis detallados de un estudio experimental, con 124 estudiantes de sexto (6º de primaria) y séptimo grado (1º de ESO) que han estado expuestos a diversas estrategias de retroalimentación tutoría en el dominio de las fracciones aritméticas. Se utilizó el entorno de aprendizaje inteligente basado en la web ActiveMath para presentar los contenidos de fracción matemática y rastrear el progreso y las actividades de los estudiantes. Los resultados revelan que el género es un factor importante para la eficiencia de retroalimentación: los chicos alcanzan significativamente menores ganancias de conocimiento que las chicas, en todas las condiciones de retroalimentación de tutoría. Por otra parte, la competencia percibida disminuye significativamente más en los chicos que en las chicas. Sin embargo, la disminución de la percepción de competencia no se acompaña de una disminución de la motivación intrínseca, que, en cambio, aumenta significativamente. En relación con el comportamiento posterior a la retroalimentación, los resultados indican que los estudiantes se saltan más tareas con más frecuencia después de mensajes de retroalimentación conceptuales que procedimentales.

El aprendizaje personalizado se produce cuando los sistemas de e-Learning hacen esfuerzos intencionados para diseñar experiencias educativas que se adapten a las necesidades, metas, objetivos, capacidades e intereses de sus alumnos. Los investigadores han comenzado recientemente a investigar diversas técnicas para ayudar a los profesores a mejorar los sistemas de e-Learning. En [A. Klašnja-Milićević, 2011] se describe un módulo de recomendación del Sistema de Tutoría de Programación denominado PROTUS (PROgramming TUtoring System), que puede adaptarse automáticamente a los intereses y niveles de conocimiento de los alumnos. Este sistema reconoce los diferentes patrones de estilo de aprendizaje y los hábitos de los alumnos analizando los estilos de aprendizaje de los alumnos y realizando minería de datos en los registros de sus actividades.

En primer lugar, el sistema procesa las agrupaciones, o clusters, basándose en los diferentes estilos de aprendizaje. Después, analiza los hábitos y los intereses de los estudiantes aplicando minería de datos a las secuencias frecuentes con el algoritmo AprioriAll. Finalmente, el sistema completa la recomendación de los contenidos de

aprendizaje personalizado de acuerdo a las calificaciones de estas secuencias frecuentes, proporcionados por el sistema Protus. Se realizaron algunos experimentos con dos grupos de estudiantes: el grupo experimental y el de control. Los estudiantes del grupo de control aprendieron de una manera normal y no recibieron ninguna recomendación u orientación a través del curso, mientras que se pidió a los estudiantes del grupo experimental que utilizaran el sistema Protus. Los resultados muestran la idoneidad del uso de este modelo de recomendación, para sugerir actividades de aprendizaje en línea a los estudiantes en función de su estilo de aprendizaje, conocimientos y preferencias.

Con el desarrollo de la web semántica, el uso de ontologías como un formalismo para describir el conocimiento y la información, de una manera que se puede compartir en la web, se convierte en común. La conceptualización explícita de los componentes del sistema en forma de ontología facilita el intercambio de conocimientos, la reutilización del conocimiento, la comunicación y la colaboración y la construcción de sistemas ricos e intensivos en conocimiento. La Web Semántica ofrece un enorme potencial y oportunidades de desarrollo para la próxima generación de sistemas e-Learning. Anteriormente se había presentado el sistema de tutoría denominado Protus, que se utiliza para el aprendizaje de los fundamentos del lenguaje de programación Java. Este sistema emplea principios de identificación del estilo de aprendizaje y recomendación de contenidos para la personalización del curso.

En [B. Vesin et al., 2012] se presenta un nuevo enfoque para realizar una personalización más elevada y efectiva, basado en tecnologías de Web Semántica realizadas en la nueva versión del sistema, llamado Protus 2.0. Esto abarca el uso de una ontología y la adaptación de reglas para la representación del conocimiento y los motores de inferencia para el razonamiento, que se concreta en el detalle de la funcionalidad, estructura e implementación de una ontología Protus 2.0, así como en la sintaxis de las reglas SWRL (Semantic Web Rule Language).

En [R. Zatarain et al., 2011] se presenta el Entorno de Aprendizaje Web 2.0, para una creación sistemática de sistemas de tutoría adaptativas e inteligentes, donde la autoría de los contenidos suele hacerse indistintamente por cualquier usuario, ya sea este profesor o estudiante. Los sistemas de tutoría se adaptan a los contenidos

ajustándose al mejor estilo de aprendizaje usando Mapas Auto-Organizados, o Self-Organized Maps (SOM). Este SOM fue entrenado para la clasificación de estilos de aprendizaje Felder-Silverman. La ventaja más importante de estas redes neuronales sin supervisión es que no requieren de un profesor externo para la presentación de un conjunto de entrenamiento. El enfoque fue implementado bajo una herramienta de autor que permite la producción de material de aprendizaje personalizado susceptible de usarse tanto en entornos de aprendizaje colaborativo como móviles. Los sistemas de tutoría, junto con la red neuronal también se pueden exportar a los dispositivos móviles.

En [K. Chrysafiadi, M. Virvou, 2013] se realiza una revisión de la literatura en el modelado del estudiante durante la última década. La revisión tiene por objeto responder a tres preguntas básicas sobre el modelado del estudiante: qué modelar, cómo y por qué. Se describen las características que han sido tenidas en cuenta en el enfoque de modelado del estudiante y como el modelado del estudiante puede ser usado para proporcionar adaptabilidad y personalización. Se proporciona información importante para los investigadores, instructores y desarrolladores de software educativo que abarcan desde e-Learning y sistemas de aprendizaje móvil hasta juegos educativos, incluyendo aplicaciones educativas en sí mismas y sistemas tutoriales inteligentes.

Esta revisión puede ser utilizada como una guía para la toma de decisiones acerca de las técnicas que se deben adoptar en el diseño de un modelo del estudiante por un sistema de tutoría adaptativa. Una conclusión importante es que la técnica preferida para representar el dominio de los conocimientos, que tiene o no un estudiante, es el enfoque de superposición. También, los estereotipos parecen ser lo ideal para el modelado de estilos de aprendizaje y preferencias de los estudiantes. Por otra parte, el modelado afectivo del estudiante ha tenido un rápido crecimiento en los últimos años, habiéndose notado un aumento en la adopción de técnicas difusas y redes bayesianas con el fin de hacer frente a la incertidumbre en la modelización del estudiante.

El foco en el e-Learning se ha desplazado desde la generación de contenidos hacia el aprendizaje en línea personalizado con Sistemas Tutoriales Inteligentes, o Intelligent Tutoring Systems (ITS). Oscar Conversational ITS (CITS), es un sofisticado ITS que utiliza una interfaz de lenguaje natural para permitir a los estudiantes construir su propio conocimiento a través del debate. Oscar CITS pretende imitar un tutor humano

detectando dinámicamente y adaptándose a los estilos de aprendizaje individuales, dirigiendo el debate. Oscar CITS está actualmente en funcionamiento y está siendo utilizado con éxito para apoyar el aprendizaje de los estudiantes universitarios.

En [A. Latham et al., 2014] se desarrolla un innovador algoritmo de adaptación para Oscar CITS y su aplicación a los modelos de estilos de aprendizaje de Felder-Silverman. El algoritmo genérico de adaptación combina de forma única la fuerza de un estilo de aprendizaje individual con el material de tutoría adaptativo disponibles para cada tutorial, para decidir la mejor adaptación. Se describe un caso de estudio, en donde se utiliza Oscar CITS para producir un tutorial adaptativo de SQL. Se han realizado dos experimentos para comprobar empíricamente el algoritmo de adaptación Oscar CITS con los estudiantes en un entorno real de enseñanza-aprendizaje. Los resultados muestran que los estudiantes que utilizan un tutorial conversacional adaptado a sus estilos de aprendizaje obtuvieron resultados significativamente mejores que los que lo hicieron con un tutorial cualquiera.

1.3.2.5. LOS SISTEMAS DE RECOMENDACIÓN

Los sistemas de recomendación, en el contexto e-Learning, son herramientas diseñadas con la intención de aconsejar recursos de aprendizaje a los estudiantes, de manera automatizada y a la medida de sus preferencias. Entre las técnicas empleadas por los sistemas de recomendación, son relevantes los algoritmos de filtrado colaborativo, utilizados para predecir la información que pueda resultar útil a los estudiantes, en base a la similitud de sus preferencias con las de otros estudiantes afines. Estos algoritmos de filtrado colaborativo, además, solventan el problema de la sobrecarga de información.

Entre las investigaciones llevadas a cabo en el ámbito de los sistemas de recomendación, destacamos las siguientes: en [R. González et al., 2011] se da a conocer la situación actual en cuanto a los sistemas de recomendación y su aplicación en la educación a distancia a través de Internet; en [A. Bilge, H. Polat, 2013] se propone un nuevo esquema de filtrado colaborativo conservador de la privacidad basado en el agrupamiento por "k medias"; en [T.H. Dao et al., 2012] se muestra un nuevo modelo de recomendación, denominado Filtrado Colaborativo Sensible al Contexto, que utiliza un algoritmo genético; en [M.A. Sicilia et al., 2010] se presenta un estudio empírico usando datos del repositorio MERLOT y algoritmos de filtrado colaborativo basados en el

usuario; en [C. Cechinel et al., 2013] se evalúan las recomendaciones de recursos de aprendizaje generados por diferentes algoritmos de filtrado colaborativo utilizando el popular repositorio MERLOT; en [M. Nilashi et al., 2014] se realiza una investigación de nuevos métodos de recomendación utilizando Sistemas de Inferencia Adaptativos Neuro Difusos y agrupamiento por Mapas Auto-Organizados, para mejorar la precisión predictiva de los criterios de filtrado colaborativo; en [N. Capuano et al., 2014] se define una metodología y se desarrolla un prototipo capaz de recomendar objetivos de aprendizaje para los alumnos que utilizan un sistema de e-Learning adaptativo; en [M. Gonçalves de Oliveira et al., 2013] se desarrolla un sistema de recomendación para ayudar en la toma de decisiones sobre las prácticas de programación, recomendando actividades; en [N. Manouselis, K. Verbert, 2013] se estudia cómo la evaluación por niveles se puede aplicar para un servicio de recomendación multi-criterio dirigido a la recomendación de artículos científicos; en [S.B. Aher, L.M.R.J. Lobo, 2013] se muestra cómo las técnicas de minería de datos, tales como la agrupación, y el algoritmo de asociación de reglas, son útiles en un Sistema de Recomendación de Cursos; en [M. Salehi, I.N. Kamalabadi, 2013], con el fin de mejorar la calidad de las recomendaciones, se consideran en un modelo unificado, los atributos multidimensionales de material, la clasificación de los alumnos, y la secuencia con los que el alumno accede al material; en [O. Marino, G. Paquette, 2010] un sistema multi-agente da consejos sobre las tareas y los recursos; en [J. Buder, C. Schwind, 2012] se exploran las potencialidades de los sistemas de recomendación para el aprendizaje, desde un punto de vista psicológico; en [V.A. Romero, D. Burgos, 2010] se presenta un recomendador basado en meta-reglas, como solución eficaz para proporcionar recomendaciones personalizadas; en [Y. Li et al., 2014] se propone un mecanismo de navegación en el conocimiento social para generar una recomendación visualizada de un mapa de conocimiento; en [L. Marín et al., 2014] se presenta un enfoque para inferir las preferencias de los usuarios -con atributos numéricos y lingüísticos multivaluados-, a través de sus acciones, para obtener una precisión satisfactoria en las recomendaciones; en [M. Salehi, 2013], para afrontar la recomendación de recursos e-Learning, se extrae información de los recursos accedidos por el alumno; en [M. Salehi et al., 2013] se propone un sistema de recomendación híbrida para los materiales de aprendizaje, basado en los atributos, para mejorar la precisión y la calidad de la recomendación; en [T. Yigit et al., 2014] se desarrolla el software SDUNESA, que utiliza AHP, basado en la web, y que almacena,

comparte y también selecciona el LO más apropiado en un LOR; en [L.H. Son, 2014] se presenta una definición matemática sistemática de los Sistemas de Recomendación Difusos, como extensión de los sistemas de recomendación; en [A. Zapata et al., 2013] se propone DELPHOS, una infraestructura para ayudar a los usuarios en la búsqueda y recomendación de objetos de aprendizaje en repositorios; en [S. Sánchez-Alonso, Y. Vovides, 2007] se propone el uso de ontologías específicas como base para incorporar información metacognitiva en los objetos de aprendizaje para que un sistema de administración del aprendizaje pueda seleccionar y recomendar tareas; y por último, en [A. Zapata et al., 2015] se propone una metodología de colaboración para la búsqueda, la selección y la calificación y recomendación de objetos de aprendizaje.

El crecimiento de Internet ha elevado los desafíos al utilizarse como medio educativo, y uno de estos desafíos es cómo guiar a los alumnos en sus procesos de aprendizaje: la necesidad de ser guiados por sus profesores es una realidad muy común entre los alumnos cuando intentan elegir las lecturas, hacer ejercicios o prácticas. Con el fin de atender esta necesidad, muy diferentes estrategias de información y recomendación se han desarrollado y los sistemas de recomendación son uno de ellos. Los sistemas de recomendación tratan de ayudar al usuario, presentándole aquellos objetos en los que pudiera estar más interesado, en base a sus preferencias conocidas o en las de otros usuarios con características similares. En [R. González et al., 2011] se da a conocer la situación actual en cuanto a los sistemas de recomendación y su aplicación en la educación a distancia a través de Internet.

Los algoritmos de Filtrado Colaborativo, o Collaborative Filtering (CF) son técnicas utilizadas por los sistemas de recomendación para pronosticar qué información puede resultar útil para los usuarios, en base a la semejanza de sus preferencias con las de otros usuarios semejantes. El filtrado colaborativo conservador de la privacidad, es una herramienta adaptativa para la web para hacer frente al problema de la sobrecarga de información –el exceso de información-, sin poner en peligro la privacidad de los individuos. Sin embargo, el filtrado colaborativo con los esquemas de privacidad comunes adolece de la escalabilidad y la escasez en el contenido. La aplicación de medidas de privacidad también provoca una distorsión en los datos recogidos, lo que a su vez provoca defectos en la exactitud de tales sistemas.

En [A. Bilge, H. Polat, 2013] se propone un nuevo esquema de filtrado colaborativo conservador de la privacidad basado en el agrupamiento por "k medias" en el que se aplican dos métodos de preprocesamiento. El primer preprocesamiento aborda el problema de la escalabilidad construyendo un árbol binario de decisión a través de un agrupamiento con "k medias", mientras que el segundo preprocesamiento produce copias de los usuarios insertando pseudo-predicciones en los perfiles originales de los usuarios para aumentar la precisión. Se analiza este esquema con respecto a los costos de privacidad y otros costes suplementarios, y se realizan experimentos con los datos de referencia para evaluarlo en términos de precisión y rendimiento online. Los resultados empíricos verifican que los efectos combinados de los esquemas de preprocesamiento propuestos atenúan la escalabilidad y aumentan la precisión de manera significativa.

Los sistemas de recomendación se imponen sobre el problema de la sobrecarga de información, al proporcionar a los usuarios el contenido más adecuado teniendo en cuenta sus preferencias personales, pero pocos estudios son los que consideran el contexto de interacción de los usuarios en el modelo de recomendación. Los estudios que han desarrollado modelos de recomendación utilizando Filtrado Colaborativo, o Collaborative Filtering (CF), no suelen emplear a la vez CF y otras técnicas de inteligencia artificial, como los algoritmos genéticos, como herramienta para mejorar los resultados de recomendación. En [T.H. Dao et al., 2012] se propone un nuevo modelo de recomendación, denominado Filtrado Colaborativo Sensible al Contexto, o Context-Aware Collaborative Filtering (CACF), que utiliza un Algoritmo Genético, o Genetic Algorithm (GA), en base a las preferencias tanto de los usuarios como del contexto de la interacción.

Se definen primero contextos discretos, y luego se aplica el concepto de "similitud de contexto" al CF convencional para crear el modelo de recomendación sensible al contexto. La similitud de contextos es optimizada usando algoritmos genéticos. Se recopilan datos de los usuarios, se construye un modelo de recomendación usando CACF-GA y, a continuación, se realiza una prueba empírica para validar la utilidad de CACF-GA. Los experimentos muestran como el modelo proporciona resultados de predicción más precisos que los comparativos.

Aunque las técnicas de Filtrado Colaborativo son eficaces en su aplicación al comercio electrónico, su aplicabilidad a la recomendación de recursos de aprendizaje merece atención aparte, de la misma forma que la búsqueda de recursos de aprendizaje puede ser sustancialmente diferente de la selección de recursos de información o de productos para su compra. Sólo hay unos pocos estudios dispersos sobre la aplicación de algoritmos de CF basados en el usuario a LORs.

En [M.A. Sicilia et al., 2010] se presenta un estudio empírico usando datos del repositorio MERLOT y algoritmos de CF basados en el usuario. El objetivo de este estudio preliminar fue encontrar pruebas sobre las medidas de precisión de los algoritmos de CF existentes, y la relación de los ítems recomendados con otros elementos del repositorio. Los resultados pueden ser utilizados como punto de partida para futuros estudios que tengan en cuenta el contexto específico de los LOR y las diferentes facetas de la preferencia en la selección de recursos de aprendizaje.

El enorme crecimiento de los objetos de aprendizaje en Internet y la disponibilidad de preferencias de uso de los usuarios en los repositorios de objetos de aprendizaje existentes han abierto la posibilidad de probar la eficiencia de algoritmos CF para recomendar materiales de aprendizaje a los usuarios. En [C. Cechinel et al., 2013] se evalúan las recomendaciones de recursos de aprendizaje generados por diferentes algoritmos CF conocidos basados en la memoria utilizando dos bases de datos (con valoraciones implícitas y explícitas) reunidos en el popular repositorio MERLOT.

Se contrastan los resultados de las recomendaciones generadas con varios mecanismos del repositorio para explorar las posibles relaciones entre ellos. Se comparan las recomendaciones generadas por los diferentes algoritmos con el fin de evaluar si se solapaban o no. Los resultados pueden utilizarse como punto de partida para futuros estudios que tengan en cuenta el contexto específico de los repositorios de objetos de aprendizaje y los diferentes aspectos de la preferencia en la selección de recursos de aprendizaje.

El CF basado en Multicriterio (CF-MC) presenta una posibilidad para proporcionar recomendaciones precisas, considerando las preferencias del usuario en múltiples aspectos, habiendo sido propuestos varios métodos para mejorar la precisión

de estos sistemas. Sin embargo, el problema de las recomendaciones de criterios múltiples, con una única valoración, todavía tiene pendiente el problema de la optimización. El aumento de la precisión en la predicción de los elementos apropiados adaptados a las preferencias de los usuarios es además uno de los principales desafíos en estos sistemas. En [M. Nilashi et al., 2014] se realiza una investigación de nuevos métodos de recomendación utilizando Sistemas de Inferencia Adaptativos Neuro Difusos, o Adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems (ANFIS) y agrupamiento por Mapas Auto-organizados, o Self-Organizing Map (SOM), para mejorar la precisión predictiva de los criterios CF. En esta investigación, la técnica SOM permite generar grupos de alta calidad y el sistema ANFIS se utiliza para extraer conocimiento (reglas difusas) de las valoraciones de los usuarios en conjuntos de datos multicriterios, produciendo las funciones de pertenencia adecuadas, realizando predicción global de las valoraciones y seleccionando las entradas. Utilizando un método de búsqueda exhaustiva para la selección de entradas, las entradas más efectivas se utilizan para construir los modelos ANFIS en todos los grupos obtenidos.

Los nuevos algoritmos basados en lógica difusa, Filtrado Colaborativo Multicriterio Difuso Ponderado, o Weighted Fuzzy MC-CF (WFuMC-CF), Filtrado Colaborativo Multicriterio Euclidiano Difuso, o Fuzzy Euclidian MC-CF (FuEuMC-CF), y el Filtrado Colaborativo Multicriterio Promedio Difuso, o Fuzzy Average MC-CF (FuAvgMC-CF), son utilizados para la tarea de predicción en el filtrado colaborativo multicriterio (MC-CF). Los resultados experimentales con un conjunto de datos del mundo real demuestran que los métodos híbridos propuestos mejoran notablemente la precisión del CF multicriterio, en relación con los métodos anteriores basados en valoraciones multicriterios.

El objetivo de un sistema de recomendación es estimar la relevancia de un conjunto de objetos que pertenecen a un dominio dado, a partir de la información disponible acerca de los usuarios y de los objetos. Los sistemas adaptativos de e-Learning son capaces de generar automáticamente experiencias de aprendizaje personalizadas a partir de un perfil de alumno y de un conjunto de objetivos de aprendizaje. Tomando como base los resultados de la investigación en este campo, en [N. Capuano et al., 2014] se define una metodología y se desarrolla un prototipo software capaz de recomendar objetivos de aprendizaje y de generar experiencias de aprendizaje

para los alumnos que utilizan un sistema de e-Learning adaptativo. El prototipo se ha integrado en una solución comercial existente para el e-Learning personalizado, y se ha probado en un curso de informática de postgrado.

La capacidad de programar ordenadores es un tipo de conocimiento que se considera que es bastante complejo porque exige muchas habilidades cognitivas y bastante práctica para ser dominado. En [M. Gonçalves de Oliveira et al., 2013] se desarrolla un sistema de recomendación para ayudar en la toma de decisiones sobre las prácticas de programación recomendando clases de actividades. Este sistema proporciona a los instructores un medio de evaluación semi-automático, con actividades más individualizadas y precisas, adaptadas a las necesidades de sus alumnos. El sistema de recomendaciones analiza perfiles multidimensionales de los nuevos estudiantes y busca la mejor concordancia para ellos con las recomendaciones que se hicieron en anteriores ocasiones, que fueron hechas manualmente.

Sobre la base de estos perfiles coincidentes, el sistema puede recomendar a los nuevos alumnos clases de actividades adecuadas para esos. La recomendación de las actividades es así tratada por el sistema como una tarea de clasificación multi-etiqueta en la que el perfil de cada estudiante se asocia con una o más clases de las actividades de programación. Los resultados obtenidos en distintas métricas de evaluación confirman que el algoritmo elegido, el ML-kNN, imita correctamente las decisiones humanas en las recomendaciones de las clases de actividades de la mayoría de las veces. Estos indicadores proporcionan también información relevante para los instructores a la hora de realizar mejor las evaluaciones formativas.

Los algoritmos de recomendación se han investigado ampliamente para ayudar a las personas a tratar con la abundancia de información. En los últimos años, la incorporación de criterios de relevancia múltiples ha atraído mayor interés. Tales enfoques de recomendación multi-criterio son investigados como paradigma para la construcción de sistemas inteligentes que se pueden adaptar a múltiples indicadores de interés de los usuarios finales. Sin embargo, la evaluación de estas técnicas de recomendación en el contexto de las aplicaciones de la vida real sigue siendo bastante limitado.

Estudios previos que se ocupan de la evaluación de los sistemas de recomendación han descrito que el rendimiento de este tipo de algoritmos es a menudo depende del conjunto de datos, señalando la importancia de realizar pruebas y una parametrización cuidadosas. Especialmente cuando se trata de conjuntos de datos a gran escala, se hace muy difícil de implementar métodos de evaluación que pueden ayudar a la hora de evaluar el efecto que los diferentes componentes del sistema tienen que el diseño general. En [N. Manouselis, K. Verbert, 2013] se estudia cómo la evaluación por niveles se puede aplicar para un servicio de recomendación multi-criterio que se implementará para la recomendación de artículos utilizando el conjunto de datos Mendeley. Se detalla la evaluación de niveles y se exponen dos experimentos que pueden ayudar a evaluar los componentes del sistema previsto por separado.

La Minería de Datos, o Data Mining, es el proceso por el que se analiza una gran base de datos para encontrar un patrón útil. La minería de datos se puede utilizar para aprender sobre el comportamiento de los estudiantes a partir de datos recogidos mediante un LMS, como por ejemplo MOODLE (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment, o Entorno de Aprendizaje Dinámico Modular Orientado a Objetos). En [S.B. Aher, L.M.R.J. Lobo, 2013] se muestra cómo las técnicas de minería de datos, tales como la agrupación, y el algoritmo de asociación de reglas, son útiles en un Sistema de Recomendación de Cursos, que recomienda el curso al estudiante, basándose en la elección de los otros estudiantes del conjunto de cursos ofertados en MOODLE. Como ejemplo, podríamos recomendar el curso de Sistemas Distribuidos a un estudiante que se ha inscrito inicialmente para el curso de Sistema Operativos.

En este sistema se utiliza la combinación de la técnica de agrupación -K medias- y el algoritmo de asociación de reglas -A priori-, comparando los resultados con los de la herramienta opensource Weka usada en minería de datos. Los resultados obtenidos utilizando este enfoque combinado coinciden con las interdependencias reales existentes entre los cursos. Además de la solución propuesta se proponen otras combinaciones de algoritmos de agrupamiento y de asociación de reglas para poder seleccionar la mejor combinación. Este Sistema de Recomendación de Cursos podría ayudar en la construcción de un sistema de recomendación inteligente, e igualmente se podría aplicar a recomendar cursos a los nuevos estudiantes, concretamente en los MOOC (Massively Open Online Courses, o Cursos Online Masivamente Abiertos).

La abundancia de materiales de aprendizaje en entornos de aprendizaje personal ha causado dificultades para localizar los materiales de aprendizaje adecuados a los alumnos. Las recomendaciones personalizadas se han utilizado para apoyar las actividades de los alumnos en los entornos de aprendizaje personal y esta tecnología puede ofrecer materiales de aprendizaje adecuados a los alumnos. Con el fin de mejorar la calidad de las recomendaciones, en [M. Salehi, I.N. Kamalabadi, 2013] se consideran en un modelo unificado, los atributos multidimensionales de material, la clasificación de los alumnos, y el orden y los patrones de secuencia con los que el alumno accede al material. El enfoque propuesto tiene dos módulos. En el módulo de recomendación basado en la secuencia, se averiguan y se presentan los patrones latentes al acceder al material, en dos formatos: las reglas de asociación ponderadas y la estructura de árbol compacto (llamado patrón de árboles).

En el módulo basado en atributos, después de agrupar a los alumnos utilizando patrones latentes con el algoritmo K-medias, el árbol de preferencia del alumno se utiliza para considerar los atributos multidimensionales de materiales, clasificación de los alumnos, así como el orden con que se accede a los materiales. Los métodos híbridos ponderados en cascada se emplean para generar la recomendación final combinada. Los experimentos muestran que el enfoque propuesto supera los algoritmos anteriores en términos de precisión, evocación, y medida de similitudes. Las principales contribuciones son la mejora de la calidad de las recomendaciones y la mitigación del problema de la escasez de recomendaciones mediante la combinación de la información contextual.

El asesoramiento juega un papel central en el Aprendizaje Mejorado por la Tecnología, o Technology-Enhanced Learning (TEL). Basado en un diagnóstico de la actividad del alumno y en el conocimiento de este alumno, un sistema asesor recopila y ofrece algunos consejos o explicaciones útiles. En [O. Marino, G. Paquette, 2010] se presenta el último trabajo en un sistema multi-agente que da consejos sobre las tareas y los recursos, basados en un modelo de usuario dirigido por la competencia y en un flujo de aprendizaje multi-actor basado en la ontología.

En [J. Buder, C. Schwind, 2012] se exploran las potencialidades de los sistemas de recomendación para el aprendizaje desde un punto de vista psicológico. Se argumenta que las principales características de los sistemas de recomendación (responsabilidad colectiva, inteligencia colectiva, control de usuario, guía, personalización) se ajustan muy bien a los principios de las ciencias del aprendizaje. Sin embargo, los sistemas de recomendación no deben ser transferidos de los contextos comerciales a los contextos educativos directamente, sino que necesitan adaptaciones con el fin de facilitar el aprendizaje. Existen adaptaciones potenciales tanto en lo que respecta a los estudiantes como receptores de la información y como generadores de datos. Por otra parte, se distingue entre adaptaciones centradas en el sistema que permiten el buen funcionamiento en los contextos educativos y adaptaciones sociales que abordan típicos sesgos de procesamiento de información. Se exponen las implicaciones para el diseño y la investigación de sistemas de recomendación educativos.

Los recomendadores son fundamentales en las aplicaciones actuales para ayudar al usuario a encontrar información útil entre grandes cantidades de datos. La mayoría de los recomendadores son más eficaces cuando hay disponibles grandes cantidades de datos de usuario, para calcular las similitudes entre usuarios. En general, las aplicaciones educativas no son lo suficientemente populares como para generar grandes cantidad de datos; en este contexto, los recomendadores basados en reglas son la mejor solución. Las meta-reglas pueden generalizar un conjunto de reglas, que proporciona las bases para la adaptación. En [V.A. Romero, D. Burgos, 2010] los autores presentan un recomendador basado en meta-reglas como una solución eficaz para proporcionar una recomendación personalizada al alumno, que es un nuevo enfoque en Sistemas de Recomendación basados en Reglas.

Las aplicaciones Web 2.0 y las redes sociales han proporcionado un medio adecuado para que la gente comparta conocimiento, pero la enorme cantidad de conocimiento creado también conduce al problema de la sobrecarga de información. En [Y. Li et al., 2014] se propone un mecanismo de navegación en el conocimiento social que utiliza las técnicas de construcción de las redes de conocimiento, el análisis del conocimiento, y la construcción de una ontología para el conocimiento, para generar

una recomendación visualizada de un mapa de conocimiento y dar apoyo a actividades de aprendizaje en una enciclopedia online gratis, la Wikipedia. Los resultados de los experimentos llevados a cabo en la Wikipedia muestran que el mecanismo propuesto puede recomendar de forma efectiva artículos útiles y mejorar la eficacia del aprendizaje de un buscador de conocimiento.

Una de las tareas más difíciles en el desarrollo de sistemas de recomendación es el diseño de técnicas que puedan inferir las preferencias de los usuarios a través de la observación de sus acciones. Esas preferencias son esenciales para obtener una precisión satisfactoria en las recomendaciones. Las preferencias del aprendizaje son especialmente difíciles cuando atributos de diferentes tipos (numéricos o lingüísticos) intervienen en el problema, y aún más cuando toman varios valores posibles. En [L. Marín et al., 2014] se presenta un enfoque para aprender las preferencias de los usuarios con atributos numéricos y lingüísticos multivaluados a través del análisis de las selecciones del usuario. El algoritmo de aprendizaje ha sido probado con datos reales sobre restaurantes, mostrando unos buenos resultados.

El crecimiento explosivo del e-Learning en los últimos años ha causado cierta dificultad para localizar los recursos de aprendizaje adecuados a los alumnos. Un sistema de recomendación es una tecnología prometedora en entornos de e-Learning, para presentar ofertas personalizadas y entregar los recursos de aprendizaje adecuados para soportar la actividad de los usuarios. De forma similar a la recomendación de recursos en los sistemas de comercio electrónico, los usuarios de los sistemas de e-Learning tienen preferencias temáticas en los sistemas de e-Learning. Sin embargo, los sistemas de e-Learning tienen sus propias características y los algoritmos de comercio electrónico actuales no pueden utilizar eficazmente estas características para realizar las recomendaciones en estos entornos.

Para hacer frente al requisito de la recomendación de recursos e-Learning, en [M. Salehi, 2013] se utilizan como características los recursos y los patrones secuenciales de los recursos accedidos por el alumno en el proceso de recomendación. El "árbol del estudiante" es introducido para tener en cuenta un multi-atributo de los recursos de los estudiantes, multi-preferencia, y variante en el tiempo, y una matriz de valoración. Los atributos implícitos son introducidos y calculados usando una matriz de

factorización. El algoritmo BIDE es usado para descubrir patrones secuenciales en el acceso a los recursos para mejorar la calidad de recomendación. Finalmente, se combinan la recomendación resultante de atributos implícitos y explícitos basados en filtrado colaborativo y el algoritmo BIDE. Los experimentos muestran que el método propuesto supera los algoritmos anteriores en las medidas de precisión y evocación y las preferencias de aprendizaje reales de los estudiantes se pueden satisfacer con precisión considerando la información contextual actualizada.

En [M. Salehi et al., 2013] se propone un sistema de recomendación híbrida para los materiales de aprendizaje, basado en los atributos, para mejorar la precisión y la calidad de la recomendación. El sistema presentado tiene dos módulos recomendadores basados en atributos, uno explícito y otro implícito. En el primer módulo, los pesos de los atributos implícitos, o latentes, de los materiales del estudiante se consideran como cromosomas en un algoritmo genético, y este algoritmo optimiza los pesos con arreglo a la valoración histórica. Después es generada la recomendación por el Algoritmo del Vecino más Próximo, o Nearest Neighborhood Algorithm (NNA) utilizando los atributos implícitos de los vectores de peso optimizados que representan las opiniones de los estudiantes.

En el segundo módulo, la "matriz de preferencias" se introduce para que se puedan modelar los intereses del alumno, en base a los atributos explícitos, de los materiales de aprendizaje, en un modelo de información multidimensional. Se introduce una nueva medida de similitud en la "matriz de preferencias" y las recomendaciones son generadas por NNA. Los resultados experimentales muestran que el método propuesto supera los algoritmos actuales en las medidas de precisión y puede solventar algunos problemas como el arranque en frío y la escasez.

La sostenibilidad y la reutilización de objetos de aprendizaje son importantes. La reutilización y el uso eficaz de los objetos de aprendizaje, son proporcionados por los metadatos. Existen multitud de materiales multimedia en Repositorios de Objetos de Aprendizaje, o Learning Object Repository (LOR), por lo que la dificultad de selección del objeto de aprendizaje adecuado se ha convertido en un problema. Se hace necesario encontrar un método eficaz y fiable para elegir el LO adecuado. Hay que tener en cuenta además, que la búsqueda y el uso de un objeto de aprendizaje en un LOR puede tomar

mucho tiempo. En general, este proceso de búsqueda se realiza a través de metadatos en el LOR. Si los criterios de selección no coinciden exactamente con los valores de metadatos, puede que no sea posible obtener el LO apropiado.

El Proceso Analítico Jerárquico, o Analytic Hierarchy Process (AHP), es un Método Multicriterio en la toma de Decisiones, o Multi Criteria Decision Making (CDM) para abordar problemas complicados, que reduce la pérdida de tiempo y mejora la precisión de la toma de decisiones. Es por ello que AHP puede cumplir los requisitos de selección LO. En [T. Yigit et al., 2014] se desarrolla el software SDUNESA, que utiliza AHP, basado en la web, y que almacena, comparte y también selecciona el LO más apropiado en un LOR. En este software se utilizan AJAX (Asynchronous JavaScript and XML), XML y las Arquitecturas Orientadas a Servicios, o Services Oriented Architecture (SOA). Los criterios de AHP se definen de acuerdo a las prioridades del curso correspondiente. Los resultados obtenidos muestran que AHP, soportado por el software SDUNESA, selecciona los LO más fiables y adecuados en relación a unos criterios definidos.

Los Sistemas de Recomendación, o Recommender Systems (RS) han atraído la atención de los investigadores por sus aplicaciones en varios campos interdisciplinarios. Los Sistemas de Recomendación Difusos, o Fuzzy Recommender Systems (FRS) son una extensión de los RS con el atributo difuso, que se calcula en base a los datos demográficos de los usuarios en lugar del nivel fijo basado en el usuario. Las investigaciones en FRS no ofrecen una definición matemática de FRS acompañada de sus operaciones algebraicas y propiedades, y el grado de similitud difuso no es suficiente para expresar con precisión las analogías entre usuarios, motivos por los que en [L.H. Son, 2014] se presenta una definición matemática sistemática de los FRS incluyendo análisis teóricos de las operaciones y propiedades algebraicas y se propone un novedoso método híbrido de filtrado colaborativo basado en el usuario que integra los grados de similitud difusos, basándose en los datos demográficos del usuario, con el nivel fijo basado en el usuario, calculado a partir del histórico de valoraciones en los grados de similitud finales para obtener mayor precisión en la predicción. Los resultados experimentales en algunos conjuntos de datos de referencia muestran que el método propuesto obtiene una mejor precisión que otros métodos relevantes.

Los Repositorios de Objetos de Aprendizaje (LORs) son un elemento importante en la gestión, edición, localización y recuperación de los recursos didácticos. En los últimos tiempos, la tarea de encontrar y recomendar una lista de objetos de aprendizaje que se ajuste a las necesidades y requisitos de un usuario específico es un área muy activa de investigación. En [A. Zapata et al., 2013] se propone DELPHOS, una infraestructura para ayudar a los usuarios, en la búsqueda de objetos de aprendizaje en repositorios, mostrando un ejemplo de aplicación en ingeniería (donde se puede utilizar no sólo para el aprendizaje y el entrenamiento de los estudiantes, profesores y profesionales, sino también para el intercambio de conocimiento sobre problemas y proyectos de ingeniería). El enfoque propuesto se basa en un sistema de recomendación híbrido ponderado, que utiliza diferentes criterios de filtrado o de recomendación. Los valores de estas ponderaciones pueden ser asignados por el usuario mismo o puede ser calculada automáticamente por el sistema de una manera adaptativa y dinámica. Se describe la arquitectura y la interfaz de DELPHOS y se muestran algunos experimentos, con un grupo de 24 estudiantes de ingeniería civil, con el fin de evaluar y validar la utilidad de esta herramienta.

Estudios recientes han demostrado que la instrucción específica en estrategias metacognitivas mejora los resultados, la precisión en la supervisión del conocimiento, y la aplicación de estrategias de aprendizaje en entornos hipermedia. Sin embargo, no existen modelos, hasta la fecha, para los diseñadores de formación, que diseñan y desarrollan objetos de aprendizaje, para incorporar estructuras específicas que ayuden a reflexionar al estudiante acerca de sus habilidades metacognitivas, siendo por ello difícil identificar las tareas para orientar a los alumnos en la mejora de este tipo de habilidades. En [S. Sánchez-Alonso, Y. Vovides, 2007] se propone el uso de ontologías específicas como base para incorporar información metacognitiva en los objetos de aprendizaje para que un Sistema de Gestión de Aprendizaje (Learning Management System, o LMS) pueda seleccionar y recomendar tareas diseñadas para el desarrollo y/o la mejora de las habilidades metacognitivas de los alumnos en el contexto del e-Learning.

La búsqueda, y recomendación, de objetos de aprendizaje puede ser más eficaz si se realiza de forma colaborativa entre los instructores, aunque requerirá más esfuerzo

si se realiza para un grupo de usuarios en lugar de para uno solo. En [A. Zapata et al., 2015] se propone una metodología de colaboración para la búsqueda, la selección y la calificación y recomendación de objetos de aprendizaje. Para obtener automáticamente las calificaciones finales, sin necesidad de llegar a un consenso entre todos los instructores, se utilizan estrategias de agrupación de votación y técnicas de meta-aprendizaje. Se ha implementado un modelo funcional dentro del sistema de recomendación híbrido DELPHOS, y varios experimentos se han llevado a cabo con el fin de validar la recomendación en el grupo experimental.

1.3.2.6. OTRAS EXPERIENCIAS EN ADAPTACIÓN

En el ámbito de la adaptación a la enseñanza, surgen otras iniciativas que aunque no se clasifican en las categorías ya estudiadas, resultan relevantes: en [M. Yaghmaie, A. Bahreininejad, 2011] se propone un esquema para la construcción de un Sistema de Administración del Aprendizaje adaptativo; en [H. Chu et al., 2011] se presenta una infraestructura para soportar el aprendizaje basado en casos adaptativos en un Entorno e-Learning Orientado a Problemas y para afrontar la complejidad y diversidad de los problemas de aprendizaje de los estudiantes con discapacidades leves; en [D. Kitakoshi et al., 2010] se describe un sistema de aprendizaje de refuerzo online que se adapta a los cambios del entorno utilizando una combinación de redes bayesianas; en [A. Peña et al., 2014] se aplica la Teoría de la Actividad, para diseñar Sistemas de e-Learning Adaptativos; en [T. Augustin et al., 2013] se propone un modelo de Markov, para contar historias, compatible con la Teoría del Espacio del Conocimiento basado en la Competencia; en [M. Reichelt et al., 2014] se investiga si el material multimedia personalizado conduce a efectos positivos en la motivación y si mejora los resultados de aprendizaje; en [M. Vandewaetere et al., 2011] se revisa la investigación empírica sobre los modelos del estudiante en el desarrollo de entornos de aprendizaje adaptativo; en [F. Ramos de Melo et al., 2014] se presenta un modelo para la organización de contenidos didácticos personalizados, utilizados en entornos de estudio individuales; en [A. Chikh, 2014] se desarrolla una estrategia para la construcción de objetos de aprendizaje dirigidos a apoyar a los instructores en el diseño del currículo; en [G.C. Challco et al., 2014] se propone el uso de un enfoque de planificación basado en una Red de Tareas Jerárquicas, para automatizar y optimizar las tareas de los diseñadores;

en [P. Sobreira, P. Tchounikine, 2015] se presenta un enfoque innovador para el diseño de editores de escenarios de aprendizaje para profesores y para usuarios no-específicamente entrenados; en [F. Essalmi et al., 2010] se propone un nuevo enfoque para la personalización de los escenarios de aprendizaje; y por último, en [A. Altun, 2012] se propone diseñar un esquema común para compartir y reutilizar los contenidos dentro y a través de las aplicaciones.

En [M. Yaghmaie, A. Bahreininejad, 2011] se propone un marco para la construcción de un Sistema de Administración del Aprendizaje, o Learning Management System (LMS), adaptativo. La arquitectura propuesta se basa en los sistemas multi-agente y utiliza SCORM (Sharable Content Object Reference Model) 2004 y la ontología de Web semántica para el almacenamiento, secuenciación y adaptación de los contenidos de aprendizaje. Este sistema se ha implementado en un conocido LMS open source y sus funcionalidades se han probado a través de la simulación de un escenario que imita las condiciones de la vida real. El resultado revela la eficacia del sistema y el enfoque propuesto es prometedor.

Tanto el aprendizaje orientado a problemas como el aprendizaje basado en casos son métodos eficaces para el desarrollo del conocimiento práctico. Sin embargo, el desarrollo automático de casos de aprendizaje adaptativos es todavía una cuestión abierta. Para soportar el aprendizaje basado en casos adaptativos en un Entorno - Learning Orientado a Problemas, o Problem-Oriented e-Learning (POeL), y para hacer frente a la complejidad y diversidad de los problemas de aprendizaje de los estudiantes con discapacidades leves, en [H. Chu et al., 2011] se presenta una infraestructura.

Esta infraestructura proporciona mecanismos para buscar y emparejar los casos similares de aprendizaje, encontrados usando técnicas de recuperación de información, y para desarrollar un caso de aprendizaje adaptativo con técnicas adaptativas. Las técnicas adaptativas incluyen una técnica de sustitución, una técnica de extracción y una técnica de composición, y utilizan la métrica del coseno y algoritmos genéticos. En esta investigación, los casos de aprendizaje adaptativo fueron desarrollados para la enseñanza a estudiantes con discapacidades leves a fin de ayudar a los profesores de educación convencional y especial, a desarrollar conocimiento práctico para enseñar con mayor eficacia.

En [D. Kitakoshi et al., 2010] se describe un sistema de aprendizaje de refuerzo online que se adapta a los cambios del entorno utilizando una combinación de redes bayesianas. La construcción de sistemas inteligentes capaces de adaptarse a entornos dinámicos es importante para la implementación de aplicaciones en el mundo real. Los enfoques de aprendizaje, tales como los que utilizan los métodos de aprendizaje de refuerzo y los modelos estocásticos, se han utilizado para adquirir un comportamiento adecuado para entornos caracterizados por la incertidumbre. Sin embargo, aún no se han desarrollado arquitecturas híbridas eficientes basadas en estos enfoques. Los resultados de varios experimentos demuestran que utilizando un agente el sistema propuesto puede adaptarse de manera flexible a diversos tipos de cambios ambientales.

En [A. Peña et al., 2014] se aplica la Teoría de la Actividad, o Activity Theory (AT), para diseñar Sistemas de e-Learning Adaptativos, o Adaptative e-Learning Systems (AeLS). Con los AeLS se pretende mejorar el aprendizaje de los estudiantes mediante la personalización del aprendizaje. AeLS representa los rasgos de los usuarios y predice los resultados del aprendizaje. El enfoque fue probado con éxito: el grupo experimental recibió clases elegidas con el principio de anticipación de AT, mientras, que el grupo control recibió clases seleccionadas al azar. El aprendizaje logrado por el grupo experimental revela una correlación bastante significativa y altamente positiva, pero para el grupo de control la correlación no es significativa y no tan positiva. Se llegó a la conclusión de que AT es un marco útil para diseñar AeLS y proporcionar una educación centrada en el estudiante.

La Teoría del Espacio del Conocimiento basado en la Competencia, o Competence-based Knowledge Space Theory (CbKST), ha demostrado ser una base muy adecuada para alcanzar la personalización del aprendizaje, especialmente en el aprendizaje basado en juegos. Sin embargo, son necesarias algunas extensiones y mejoras; la personalización en un juego no puede considerarse simplemente como la selección de unos recursos de acuerdo con las capacidades actuales del alumno, sino que también debe prestar atención a la línea argumental de la historia, hay que asegurarse de que no se omite ninguna parte de la historia que pueda ser necesaria para entender una parte posterior.

En [T. Augustin et al., 2013] se propone para contar historias un modelo de Markov compatible con CbKST. Una segunda cuestión es la valoración continua y no invasiva de las capacidades actuales del alumno durante el juego. Cada acción del alumno dentro del juego debe ser tomada en cuenta para la valoración de las capacidades, y la valoración debe hacerse en tiempo real, es decir, no debe haber ningún retraso causado por la valoración, que interrumpa el flujo del juego. Se sugiere un procedimiento simplificado de actualización de valoración de las capacidades dentro de CbKST que puede resolver esta cuestión, y se presentan los resultados de la simulación comparando el nuevo procedimiento con el clásico.

La enseñanza multimedia, cuando utiliza un lenguaje personalizado, favorece un mejor aprendizaje que el lenguaje formal. Los textos formales se pueden personalizar substituyendo los artículos impersonales con pronombres posesivos o dirigiéndose directamente a los alumnos (por ejemplo, usando la segunda persona). La eficacia de esta recomendación ha sido probada principalmente en los institutos y en la universidad. Aunque el e-Learning es cada vez más popular, en la actualidad no existen estudios empíricos que profundicen en la personalización. El estudio de [M. Reichelt et al., 2014] investiga si el material personalizado conduce a efectos positivos en la motivación y si mejora los resultados de aprendizaje en diferentes grupos objetivos.

Se realizó un experimento sobre un total de 127 estudiantes universitarios alemanes que recibieron o bien una versión personalizada o bien una formal de un programa sobre las leyes de la Gestalt. Independientemente del grupo objetivo, los efectos de la personalización aparecieron en la motivación y en la retención, pero no en la transferencia. Para obtener una mayor comprensión de cómo los alumnos comprenden el ordenador, dependiendo del estilo del lenguaje, se utilizó el método de pensamiento en voz alta. Sobre la base de estos hallazgos, se analizan los enfoques ya existentes para explicar los efectos de la personalización en relación a los nuevos factores extraídos (como por ejemplo, los aspectos emocionales).

El desarrollo de modelos del estudiante toma parte activa en los entornos de aprendizaje adaptativo. El propósito de los modelos del estudiante es guiar la personalización basándola en el alumno y en las características del aprendizaje que se consideran importantes para el proceso de aprendizaje, tales como las variables

cognitivas, afectivas y conductuales. A pesar de la enorme cantidad de propuestas teóricas de características del alumno consideradas como relevantes para los modelos del estudiante, los resultados prácticos son más bien escasos.

En el estudio de [M. Vandewaetere et al., 2011] se revisa la investigación empírica sobre los modelos del estudiante en el desarrollo de entornos de aprendizaje adaptativo. Los resultados muestran que un número elevado de estudios de alta calidad se encuentran en un campo de investigación deslavazado donde existen pocos puentes de la teoría a la práctica. Se propone una teoría integradora de los resultados de las investigaciones realizadas hasta la fecha, que es capaz de guiar una investigación empírica sistemática y basada en la teoría con hipótesis concretas sobre las características del alumno en los entornos de aprendizaje adaptativo.

En [F. Ramos de Melo et al., 2014] se presenta un modelo para la organización de contenidos didácticos personalizados, utilizados en entornos de estudio individuales. Para muchos estudiantes la disponibilidad de contenidos en una forma general podría no ser eficaz. Se propone una estructura multinivel de conceptos para proporcionar diferentes combinaciones de presentación del mismo contenido. Se muestra que es posible personalizar el contenido didáctico con el fin de animar a los estudiantes, usando patrones de aprendizaje cercanos. Estos patrones se obtienen a partir del análisis de las acciones de los estudiantes con resultados positivos en la organización del contenido individual.

El sistema utiliza técnicas de inteligencia artificial para organizar y personalizar el contenido. La personalización es posible por medio de una red neuronal artificial que clasifica el perfil del estudiante y le asigna un patrón de aprendizaje cercano. Las reglas del experto se utilizan para mediar y ajustar el contenido. Los resultados experimentales indican que el enfoque es eficaz y ofrece al estudiante un mejor uso de los contenidos con la presentación personalizada adaptativa.

Las investigaciones anteriores sobre el desarrollo de objetos de aprendizaje se han centrado en los alumnos, como consumidores de estos objetos, o en los instructores, como diseñadores que reutilizan estos objetos en la construcción de nuevos cursos online. En la actualidad existe una necesidad urgente para compartir y reutilizar tanto conocimientos teóricos (revisiones de la literatura) como conocimiento

práctico (mejores prácticas) en el diseño de aprendizaje. El objetivo principal reflejado en [A. Chikh, 2014] es el desarrollo de una estrategia para la construcción de un conjunto más potente de objetos de aprendizaje dirigidos a apoyar a los instructores en el diseño del currículo.

Un desafío clave en este trabajo es la definición de una nueva clase de objetos para diseño del aprendizaje que combine dos tipos de conocimiento: (1) conocimiento reutilizable, consistente en información teórica y práctica sobre el diseño educativo; y (2) conocimiento acerca de la reutilización, que es necesario para describir el conocimiento reutilizable, utilizando un lenguaje de metadatos de objetos de aprendizaje extendido. Además, se introduce un modelo general de repositorios de objetos de diseño de aprendizaje basado en el Lenguaje Unificado de Modelado, o Unified Modeling Language (UML), y se propone un marco de apoyo al diseño de aprendizaje basado en el modelo de repositorio. Un primer prototipo se ha desarrollado para proporcionar una evaluación subjetiva del nuevo marco.

En Aprendizaje Colaborativo Soportado por Ordenador, o Computer Supported Collaborative Learning (CSCL), una de las tareas más importantes para los diseñadores instruccionales es definir escenarios que fomenten el aprendizaje del grupo. Tales escenarios, definidos como Unidades de Aprendizaje, o Units of Learning (UoLs), comprenden diferentes componentes y se organizan de acuerdo a enfoques pedagógicos para orquestar los procesos de aprendizaje en grupo. Ejemplos de componentes UoL son los objetos de aprendizaje, los roles de los estudiantes, las características de los estudiantes (por ejemplo, background, preferencias, estilos de aprendizaje, etc.), objetivos de aprendizaje/instruccionales y actividades, entre otros. El Diseño Instruccional, o Instructional Design (ID), de un UoL adecuado para CSCL es una tarea compleja que requiere práctica y experiencia. Esto es particularmente cierto en el diseño, desarrollo, adaptación y personalización de los UoLs, teniendo en cuenta los diferentes objetivos de enseñanza / aprendizaje y las preferencias individuales de los estudiantes.

En [G.C. Chalco et al., 2014] se propone el uso de un enfoque de planificación basado en una Red de Tareas Jerárquica, o Hierarchical Task Network (HTN) para automatizar y optimizar las tareas de los diseñadores. Para lograr esto, se define un escenario CSCL inicial como "una tarea de identificación" y "un conjunto de información

relacionada con los estudiantes y el dominio que se va a enseñar." A continuación se propone un modelo que describe formalmente el identificador para CSCL como una planificación HTN, donde el escenario inicial CSCL está adaptado y refinado de acuerdo a las necesidades del estudiante. En este modelo, las estrategias de identificación se definen como tareas jerárquicas y métodos, en una definición de dominio de planificación, y el escenario inicial CSCL se define como una definición del problema de planificación. Para validar este enfoque, se desarrolla un generador de cursos CSCL que (i) ayuda a los diseñadores a crear un escenario inicial CSCL; (ii) genera automáticamente un UoL personalizado basado en un escenario inicial dado; y (iii) apoya la adaptación de UoLs.

En [P. Sobreira, P. Tchounikine, 2015] se presenta un enfoque innovador para el diseño de editores de escenarios de aprendizaje para profesores y para usuarios no-específicamente entrenados. El enfoque ofrece simplicidad, flexibilidad y fácil adaptación a los contextos locales y las necesidades. Se basa en la decisión de diseño de proporcionar un dispositivo de representación básico que sea fácil de usar y adoptado por los profesores en la práctica habitual, una "mesa". La "mesa" se pone en correspondencia estructural con un modelo esencial, que se utiliza para implementar servicios que requieren mecanismos complejos, como por ejemplo el soporte a la instanciación o a la puesta en funcionamiento. Este enfoque hace posible el diseño simple y flexible de editores que ofrezcan servicios complejos y complementos que sean fáciles de adaptar a las necesidades locales de los usuarios, a las prácticas, y a los ecosistemas técnicos.

La personalización en los sistemas de e-Learning ha sido objeto de muchos esfuerzos de investigación recientes. Mientras que se han implementado un gran número de sistemas, muchos de estos sistemas permiten la aplicación de muy pocas, y casi siempre, de una única estrategia de personalización predefinida. Esta es una restricción para proporcionar una experiencia eficaz de e-Learning y para racionalizar las necesidades de personalización de los pedagogos, los profesores y los alumnos. En [F. Essalmi et al., 2010] se propone un nuevo enfoque para la personalización de los escenarios de aprendizaje basado en dos niveles: el primer nivel permite la personalización de los escenarios de aprendizaje de acuerdo a una estrategia de

personalización predefinida; el segundo nivel permite a los profesores seleccionar los parámetros de personalización y combinarlos de forma flexible para definir diferentes estrategias de personalización de acuerdo a las características específicas de los cursos.

La solución propuesta es un paso para unir los esfuerzos de investigación en personalización del e-Learning integrando y combinando los parámetros de la personalización. En cuanto al aspecto tecnológico, la tecnología de servicios Web constituye una solución operativa para la aplicación de este enfoque y para la interoperabilidad con otros sistemas de personalización e-Learning, que aspira a proporcionar a los profesores escenarios de aprendizaje personalizados adecuados.

En los entornos e-Learning, el diseño instruccional ha evolucionado desde "un diseño para muchos alumnos" hacia "un diseño para un único alumno" o "muchos diseños para un único alumno". Mediante el uso de las capacidades de la web semántica, la Web ha liderado el intercambio de información relativo a los datos (los metadatos) así como de los documentos. Estas capacidades representan un indicio de un nuevo desafío para los diseñadores a la hora de diseñar un marco común, propuesto en [A. Altun, 2012], que permita que el contenido sea compartido y reutilizado dentro y a través de las aplicaciones.

1.3.3. LA REUTILIZACIÓN Y EL DISEÑO DE LOS OBJETOS DE APRENDIZAJE

La reutilización es un requisito imprescindible al diseñar los objetos de aprendizaje, que se potencia con la estandarización. La construcción del objeto de aprendizaje, cómo se define, es un elemento que también influye en su reutilización.

Entre las experiencias en reutilización y las investigaciones, con estos nuevos enfoques en el diseño, destacamos las siguientes: en [A. Esteban et al., 2009] se propone la combinación de estándares de la Web semántica y de e-Learning para proporcionar metadatos semánticos, para que el contenido educativo sea procesable por las máquinas, con lo que la recuperación de contenido educativo se vuelve más poderosa; en [L.E. Anido et al., 2002] se realiza una revisión actualizada en uno de los

campos más prolíficos de la estandarización en tecnología de aprendizaje y básicos para la reutilización: los metadatos educativos; en [M.H.L.B. Braz et al., 2011] se presenta una estrategia para hacer frente a los problemas de la reutilización en base a la definición de objetos de aprendizaje a pequeña escala, denominados Objetos Componentes; en [N. Isaila, 2011] se presentan las ventajas de los objetos de aprendizaje reutilizables y las expectativas de uso en el proceso educativo, con énfasis en la preocupación de los investigadores para conseguir sistemas de aprendizaje con recursos modulares; en [J. A. Muzio et al., 2002] se exploran los objetos de aprendizaje online, su aplicación práctica y reutilización; en [H. Wang, C. Hsu, 2006] se describe un sistema, el Centro de Diseño de Material de Enseñanza, para separar material para su uso como plantillas docentes y como objetos de aprendizaje; en [J. Griffiths et al., 2007] se ofrece una solución para ayudar a los creadores noveles de objetos a partir de materiales existentes aprendizaje, usando la Estrategia de Objetos de Aprendizaje Reutilizables de Cisco; en [A.M. Spalter, A. van Dam, 2003] se investigan algunos de los factores que se interponen en el camino hacia la consecución de la reutilización; y por último, en [N. Graham, 2001] se revisa una amplia gama de cuestiones de diseño y creación de Objetos de Aprendizaje Reutilizables para Capacitación en Información, que se utilizan para apoyar esta modalidad de enseñanza.

La socialización de Internet y su uso extensivo en la educación ha facilitado la disponibilidad de una gran cantidad de contenidos educativos en la Web. Sin embargo, esto también ha hecho que la reutilización y la recuperación de dicho contenido sea más difícil. Para resolver este problema, standards para representar contenidos educativos, tales como SCORM, han sido desarrollados y tecnologías educativas como los objetos de aprendizaje se han convertido en cruciales para los objetivos de reutilización y recuperación. En [A. Esteban et al., 2009] se propone la combinación de estándares de la Web semántica y de e-Learning para proporcionar metadatos semánticos, para que el contenido educativo sea procesable no sólo por los seres humanos, sino también por las máquinas, con lo que la recuperación de contenido educativo se vuelve más poderosa. Se ha ampliado SCORM añadiendo anotaciones semánticas de los campos textuales con respecto a las ontologías que modelan los contenidos del curso. Se describe una aplicación de Web Semántica capaz de importar cursos SCORM, y soportar su anotación semántica y la recuperación semántica de contenidos.

La estandarización de la tecnología de aprendizaje es una de las actividades de investigación clave en e-Learning. Instituciones como el IEEE, el Departamento de Defensa de Estados Unidos y la Comisión Europea han establecido comités para ofrecer recomendaciones y propuestas en esta área. El objetivo es permitir la reutilización de los recursos de aprendizaje y ofrecer interoperabilidad entre sistemas de e-Learning heterogéneos. La primera parte del trabajo expuesto en [L.E. Anido et al., 2002] está dedicado a la presentación de una revisión actualizada en uno de los campos más prolíficos de la estandarización en tecnología de aprendizaje: los metadatos educativos. La segunda parte muestra cómo estos metadatos son aplicados por los actuales sistemas de software para facilitar la localización de recursos de aprendizaje. Se identifican los principales actores involucrados, sus roles, y las cuestiones abiertas y tendencias. El intento de que los estudiantes puedan encontrar los recursos e-Learning que mejor se adapten a sus necesidades es un campo prometedor.

El desarrollo de contenido educativo utilizando Tecnologías de la Información, o Information Technologies (IT), es un proceso caro, que consume mucho tiempo y complejo, que requiere nuevas metodologías. En este contexto los objetos de aprendizaje se propusieron para promover la reutilización. Sin embargo, este objetivo todavía no está plenamente alcanzado y las nuevas contribuciones para incrementar la reutilización siguen siendo bienvenidas. Si los contenidos se transmiten en LOs que son más fáciles de reutilizar, se facilita la combinación y la secuenciación para crear contenidos más elaborados y complejos.

En [M.H.L.B. Braz et al., 2011] se presenta una estrategia para hacer frente a estos problemas en base a la definición de LOs a pequeña escala, denominados Objetos Componentes, o Component Objects (COs). Estos COs se estructuran y se combinan de acuerdo con un metamodelo conceptual, que es la base para la definición de esquemas conceptuales que representan el material existente, incluyendo no sólo el contenido teórico sino también la práctica. Esta estrategia para la búsqueda, extracción y secuenciación de COs da al profesor un mayor soporte para controlar la implementación de contenido complejo, reduciendo errores en el proceso de creación de los LOs. Este enfoque incluye un lenguaje de especificación y un algoritmo para la secuenciación semiautomática de los contenidos de aprendizaje. Finalmente, un caso

de estudio muestra el enfoque propuesto y se presentan algunos resultados que usan el algoritmo.

El proceso de aprendizaje adquiere nuevas dimensiones y características mediante el uso de tecnologías e-Learning. La mejora en la actividad educativa en los sistemas e-Learning requiere el establecimiento de sistemas de aprendizaje modular. Por lo tanto, es necesario un enfoque interdisciplinario para combinar la enseñanza con la informática y la psicología cognitiva. De esta manera, los sistemas de aprendizaje que usan Internet se podrían convertir en herramientas importantes en el desarrollo de la personalidad de los usuarios y de la creatividad. En [N. Isaila, 2011] se tiene como objetivo presentar las ventajas proporcionadas por los objetos de aprendizaje reutilizables y las expectativas de uso en el proceso educativo, con énfasis en la preocupación de los investigadores para conseguir sistemas de aprendizaje con recursos modulares.

La idea de la creación de cursos de e-Learning combinando objetos e-Learning reutilizables, o E-Learning Objects (ELOs), almacenados en una base de datos, está cobrando fuerza. No hay, sin embargo, una definición de lo que constituye un ELO o de qué tamaño debe ser un objeto para maximizar su capacidad de reutilización. En la primera parte de [J. A. Muzio et al., 2002] se exploran estos temas. La segunda parte analiza la aplicación práctica de la creación y reutilización de ELOs en el Centro para el Desarrollo Económico e Investigación Aplicada, o Center for Economic Development and Applied Research (CEDAR) en el Royal Roads University (RRU), Canadá.

En primer lugar, se dan algunos antecedentes sobre RRU y CEDAR. A continuación se da una explicación de cómo los ELOs reutilizables son definidos, almacenados y etiquetados en una herramienta online de administración del contenido y del aprendizaje. Por último, se discute, el enfoque de CEDAR para ELOs. Se proporcionan varios ejemplos de cómo CEDAR implementa los ELOs reutilizables y se ofrece la oportunidad de experimentar con un ELO online basado en patrones.

Actualmente, la mayoría de los proveedores de materiales electrónicos para aprendizaje, o e-materiales, ofrecen un paquete de soluciones para diferentes propósitos. Sin embargo, no todos los usuarios necesitan lo que se ofrece en un simple

paquete. Una alternativa es utilizar material útil de diferentes paquetes y combinarlos para la elaboración de un curso en particular. La mayoría de los instructores recopilan el material manualmente, lo que consume mucho tiempo y puede resultar en la omisión de material. En [H. Wang, C. Hsu, 2006] se describe un sistema, el Centro de Diseño de Material de Enseñanza, o Teaching Material Desing Center, que sigue el estándar SCORM, para separar e-material para su uso como plantillas docentes y como objetos de aprendizaje y para etiquetar el material con el uso de metadatos semánticos para la búsqueda.

Este sistema puede encontrar plantillas de enseñanza existentes y objetos de aprendizaje para los diseñadores de e-materiales y proporcionar un entorno adecuado para construir e-materiales a medida de diferentes necesidades. Se describe la implementación y evaluación del sistema propuesto para una asignatura. El sistema es eficiente en la búsqueda de las plantillas docentes y objetos de aprendizaje y acorta el proceso de desarrollo de e-material.

Los objetos de aprendizaje siguen siendo una entidad compleja, especialmente para los principiantes, y la creación de recursos desde el principio, puede ser una perspectiva desalentadora, si no hay un equipo de desarrollo para la colaboración. Múltiples problemas deben ser considerados, incluyendo cómo se definen LOs, cómo se planifican LOs, la granularidad y reutilización y la categorización de los objetos. En [J. Griffiths et al., 2007] se describen estos temas y se ofrece una solución para ayudar a los creadores noveles de objetos a partir de materiales de aprendizaje existentes. Usando la Estrategia de Objetos de Aprendizaje Reutilizables de Cisco, o Cisco Reusable Learning Object Strategy, para definir y planificar el objeto de aprendizaje, se propone un análisis de tareas para obtener gránulos de material de aprendizaje, adaptados a los niveles de competencia adecuados. Las pruebas con estas recomendaciones produjeron 586 potenciales objetos de información que son objetos pequeños, granulares, cada uno con un requisito previo, un objetivo y un nivel de habilidad.

La reutilización es vital en el mundo de la educación, porque el tiempo y el dinero necesario para crear software educativo de alta calidad es un problema significativo. Las estimaciones para el costo de la creación de un sencillo curso online correctamente

diseñado, altamente gráfico e interactivo, de calidad comercial, oscila de varios cientos de miles de euros a casi un millón de euros. Por lo tanto, la idea de componentes software reutilizables que se pueden compartir fácilmente es tremendamente atractiva. De hecho, "componente" se ha convertido en una palabra de moda en la comunidad de software educativo, con millones de dólares aportados por la Fundación Nacional de Ciencias y otros patrocinadores que financian una amplia variedad de proyectos "basados en componentes". Pero pocos, si es que hay alguno, de estos proyectos se han acercado a la gran visión de crear repositorios con componentes fáciles de reutilizar para los desarrolladores e instructores.

En [A.M. Spalter, A. van Dam, 2003] se investigan algunos de los factores que se interponen en el camino hacia la consecución de este objetivo. Se confía en que un nuevo género de software educativo surgirá cuando se hayan abordado los problemas de los componentes básicos. Se define la palabra "componente" y centrándonos en varios proyectos que utilizan componentes, y concretamente en el proyecto Exploratories en la Universidad de Brown. Se analizan los desafíos en masa crítica, cuestiones de propiedad intelectual, plataforma y especificidad del sistema, programación en el entorno universitario, garantía de calidad, búsqueda y metadatos y cuestiones sociales. Nos centramos en los problemas pertinentes de ingeniería de software y exponemos por qué creemos que las aplicaciones educativas tienen factores únicos, que deben ser considerados cuando se utilizan componentes.

En [N. Graham, 2001] se revisa una amplia gama de cuestiones de diseño y creación de Objetos de Aprendizaje Reutilizables para Capacitación en Información, o Information Literacy Reusable Learning Objects (IL RLOs), que se utilizan para apoyar la enseñanza de la capacitación en información. Los bibliotecarios, tanto en el Reino Unido como a nivel internacional, están creando contenido electrónico para apoyar la enseñanza de la capacitación en información. A pesar de que gran parte de este contenido es genérico y puede ser utilizado por otros, este contenido generalmente se mantiene dentro de la institución u organización del creador. Hay algunos beneficios obvios (ahorro de tiempo, basarse en buenas prácticas) y cuestiones (la búsqueda de material en el primer lugar, los derechos de autor) para compartir y re-orientar los contenidos. La cuestión es si en esas circunstancias, los bibliotecarios serán capaces de explotar los beneficios y encontrar maneras de abordar los problemas.

1.3.4. LA CALIDAD DE LOS OBJETOS DE APRENDIZAJE

La calidad de los contenidos de los objetos de aprendizaje es un aspecto que todavía no ha despertado suficiente interés, según se puede deducir de la poca bibliografía encontrada. Existen algunas, aunque escasas, investigaciones en esta dirección, en las que se apunta la preocupación por este problema.

Entre estas experiencias, destacamos las siguientes: en [V. Carchiolo et al., 2010] se propone un modelo para la búsqueda de rutas de aprendizaje recomendadas por usuarios fiables; en [E. Kurilovas et al., 2014a] se presentan y comparan dos enfoques para la evaluación de la calidad y de la reutilización de objetos de aprendizaje; en [L.S. Mestre, 2012c], se utilizan las pruebas de usabilidad para identificar áreas problemáticas en los objetos de aprendizaje, que no se detectan a través de otros métodos de evaluación; en [S. Cakula, M. Sedleniece, 2013] se intenta mejorar la estructura de los cursos empleando las Teorías de Administración del Conocimiento; en [C. Cechinel et al., 2011] se evalúan 35 métricas en objetos del repositorio MERLOT; en [D. Pons et al., 2015] se desarrolla una herramienta para estimar la calidad según la correspondiente norma UNE; en [F. Essalmi et al., 2015] se presentan distintas métricas orientadas a la elección de estrategias de aprendizaje; y por último, en [K. Clements et al., 2015] se analizan los distintos enfoques disponibles para la valoración de la calidad de los LORs.

La evolución de la Web 2.0 y el uso intensivo de las redes peer-to-peer, o entre iguales, nos permite acceder a más información y de fuentes más dispares que en el pasado, favoreciendo la formación continua. En este escenario, un tema crítico aún queda por abordar es la calidad de los recursos, si realmente los recursos recomendados por terceras personas son útiles y si los que hacen las recomendaciones son fiables. En [V. Carchiolo et al., 2010] se propone integrar estas ideas en el e-Learning, proponiendo un modelo para la búsqueda de rutas de aprendizaje personalizadas, recomendadas por usuarios fiables. Se han realizado simulaciones con conjuntos de datos de Merlot, que han sido mejoradas utilizando información extraída

de Advogato, Epinions y conjuntos de datos de Ariadne, poniendo a prueba la eficiencia y eficacia del enfoque propuesto.

El objetivo del artículo de [E. Kurilovas et al., 2014a] es presentar y comparar los llamados enfoques descendente y ascendente para la evaluación de la calidad y de la reutilización de objetos de aprendizaje. El documento propone una metodología ascendente que describe el papel central de la conducta individual y social de los alumnos, mientras se trabaja con LOs. Esto incluye el etiquetado social, y algunos parámetros de interacción para la medición de contexto, para describir el uso de los LOs, así como aprovechar los datos de contexto para hacer de repositorios de LOs más útiles.

En el estudio también se presenta la metodología descendente para la evaluación de expertos, de la calidad de LOs y de la reutilización. Esta metodología consiste en la aplicación consecutiva de varios enfoques científicos, métodos y principios. Se investiga cómo estos dos enfoques diferentes, sin embargo complementarios, pueden aplicarse para evaluar la calidad de los LOs y la reutilización en el proyecto EQNet, con el fin de seleccionar LOs reutilizables para implementar en diferentes contextos educativos y países. Estos enfoques pueden ser considerados como aplicaciones adecuadas para el desarrollo del capital humano. Los ejemplos de aplicación práctica de estos enfoques para evaluar la calidad de los OA y la reutilización en el proyecto eQNet también se presentan en el artículo.

Un método eficaz utilizado para evaluar las páginas web y los tutoriales es el de las “pruebas de usabilidad”. Las “pruebas de usabilidad” tienen múltiples facetas y pueden cumplir varios objetivos. Una de sus posibilidades es que pueden ayudar a definir la naturaleza de los problemas existentes con mucha mayor precisión, que usando sólo las medidas cuantitativas, como se comprueba. En [L.S. Mestre, 2012c], mediante el uso de diversos métodos, como la grabación de audio, de vídeo, el seguimiento de los ojos, el análisis de los registros, los protocolos de pensamiento en "voz alta" y la entrevista, se obtiene una imagen más amplia del problema. Las pruebas de usabilidad, además de proporcionar información muy valiosa sobre la eficacia de una página web, objeto de aprendizaje, o tutorial, permiten a los investigadores reunir

información e identificar las áreas problemáticas, que no se detectan a través de otros métodos de evaluación.

Estudios recientes están tratando de mejorar la calidad y la eficacia del e-Learning utilizando principios de varias áreas de investigación. Uno de los campos más cercanos ideológicamente es la Administración del Conocimiento, o Knowledge Management (KM). El objetivo de [S. Cakula, M. Sedleniece, 2013] es identificar los puntos de solapamiento de KM y las fases de e-Learning, para mejorar la estructura, y transferir el conocimiento de los cursos personalizados, utilizando métodos eficaces de ontología y standards de metadatos. La investigación ofrece una base teórica de la implementación del principio KM.

El crecimiento de los recursos de aprendizaje de los repositorios ha aumentado la preocupación por el desarrollo de métodos automatizados para la evaluación de la calidad. La existencia de evaluaciones online en tales repositorios, ha abierto la posibilidad a la búsqueda de perfiles estadísticos de los recursos con una alta valoración, que se pueden utilizar como indicadores a priori de la calidad. En [C. Cechinel et al., 2011] se analizan 35 métricas en LOs, tomando como referencia el repositorio MERLOT, y teniendo en cuenta las diferentes categorías de disciplinas y tipos de materiales disponibles. Se observó que, algunas de las métricas, presentaban diferencias significativas entre los recursos mejor valorados y los peor valorados, y que estas diferencias dependían de la categoría de la disciplina a la que pertenece el recurso y al tipo de recurso. Por otra parte, diferentes perfiles deben identificarse con respecto al tipo de valoración (revisión por pares o por el propio usuario) bajo evaluación.

Se desarrolló un modelo inicial utilizando Análisis Discriminante Lineal, o Linear Discriminant Analysis (LDA), para evaluar la fortaleza de las métricas relevantes cuando realizan una tarea de clasificación automatizada de la calidad. Los resultados son prometedores y se utilizarán como bases para el futuro desarrollo de una herramienta automatizada para la evaluación de la calidad en el contexto de los objetos de aprendizaje en los repositorios.

En [D. Pons et al., 2015] se presenta el esquema de metadatos LQM, una extensión de la norma IEEE LOM. LQM es capaz de registrar información relacionada

con la calidad de los recursos de enseñanza virtual. Para ello se ha desarrollado una herramienta de catalogación y evaluación, capaz de registrar metadatos

LQM y realizar la subsiguiente estimación de la calidad según la norma UNE 66181:2012, dedicada a la Calidad de la Formación Virtual. La propuesta identifica y describe las dimensiones y las propiedades de los datos del LQM. Los resultados de la investigación muestran que es posible proporcionar una estimación automática de la calidad de los recursos educativos digitales utilizando LQM.

Con el fin de tomar decisiones apropiadas sobre cómo implementar mejor el aprendizaje electrónico personalizado, en [F. Essalmi et al., 2015] se presenta un enfoque para recomendar estrategias de personalización en función de los objetos de aprendizaje incluidos en el curso y de la combinación de las características de los alumnos. En este artículo se presentan las métricas generalizadas que dan soporte a los docentes para analizar y comparar las estrategias de personalización, así como para decidir cuál de ellos debería aplicarse para la personalización de cada curso. El enfoque fue validado a través de experimentos para probar su viabilidad y eficacia cuando se aplica a un gran número de objetos de aprendizaje y de características de los alumnos.

En [K. Clements et al., 2015] se analizan sistemáticamente las publicaciones relativas a la calidad de los LORs. La contribución que se realiza con este trabajo es la enumeración completa de dichos enfoques, mostrando y clasificando dichos enfoques. El propósito de este estudio consiste en ayudar a los desarrolladores LOR en el diseño de un control de calidad sostenible utilizando todo el potencial de las herramientas de control de calidad colaborativas.

**PROPUESTA DE UNA RED MULTINIVEL DE
CONOCIMIENTO CERTIFICADO**

2. PROPUESTA DE UNA RED MULTINIVEL DE CONOCIMIENTO CERTIFICADO

En el capítulo anterior hemos analizado diversas experiencias en la adaptación al usuario de los objetos de aprendizaje. En este capítulo proponemos una solución al problema de la adaptación, que combinaremos con la reutilización y con la calidad de los contenidos.

La fiabilidad frente a la adaptación podría aparecer como un problema menor, pero la resolución combinada de ambos problemas, la adaptación de los contenidos a los conocimientos previos del usuario y la fiabilidad de estos contenidos adaptados, dará lugar a una propuesta innovadora estrechamente relacionada con los LCMSs.

Antes de explicar nuestra propuesta, vamos a desarrollar una aportación secundaria, que facilitará entender la aportación principal de esta tesis. En cualquier estructura de contenidos, siempre estarán relacionados unos con otros, por ejemplo a través de hipervínculos, constituyendo por tanto una “estructura de red”. Puesto que los contenidos se corresponden con conocimiento, vamos a denominar a ésta como “red de conocimiento”. Para representar esta red de conocimiento utilizaremos un “diagrama de contenidos”, que estará formado por los siguientes elementos:

- a) Un “continente”, que representamos mediante un rectángulo, que contiene un contenido.
- b) Un “nodo de contenido” situado dentro del continente, que representamos mediante un óvalo.
- c) Un “conector de estructura” que relaciona dos contenidos, representado mediante una línea discontinua.
- d) Una “nube” o agrupación de contenidos, representado con una línea curva cerrada de trazo discontinuo.
- e) Un “conector de secuenciación” entre dos contenidos, que simboliza la necesidad de que un contenido se aprenda antes que otro y que gráficamente se representa con una flecha.

En la Figura 2.1 se representa, a modo de ejemplo, un “diagrama de contenidos” básico, que explicamos a continuación: el contenido 1 está secuenciado (mediante una flecha) con el contenido 2, es decir es necesario haber aprendido el contenido 1 antes de pasar al contenido 2; los contenidos 2 y 3 están relacionados entre sí (mediante una línea discontinua) y forman parte además de una agrupación que representaremos mediante una “nube”.

Fig. 2.1. Representación de un “diagrama de contenidos” básico.

Una vez visto lo que sería un diagrama de contenidos básico, en la Figura 2.2, mostramos un ejemplo de “diagrama de contenidos” más cercano a lo que serían los contenidos de una “red de conocimiento” real. En este diagrama de contenidos, más complejo, los contenidos 1 y 2 están relacionados; el contenido 1 se secuencia con el contenido 3; los contenidos de los nodos 3, 4 y 5 están relacionados entre sí; los contenidos 4 y 5 constituyen una nube de contenidos.

Fig. 2.2. Ejemplo de “diagrama de contenidos” complejo de una “red de conocimiento”.

Es preciso aclarar que, aunque estemos usando, por simplificar, el término de red, una red, en teoría de grafos, es un grafo dirigido ponderado. Es decir, el término correcto a utilizar sería el de grafo.

Una vez visto cómo se pueden representar los contenidos de una red de conocimiento mediante diagramas de contenidos, pasaremos a hacer nuestra propuesta, diseñada para resolver simultáneamente el problema de la adaptación de los contenidos y de la fiabilidad de los mismos.

Los contenidos en los CMS son escritos por un autor, en quien a priori se confía, considerando dichos contenidos como fiables, aunque no suele ser habitual que el autor refrende la fiabilidad de los contenidos con un currículum, o con referencias, que resultarían inequívocas a la hora de acreditar dichos contenidos. Es por ello que la primera parte de nuestra propuesta consistiría en que los contenidos están acreditados porque el autor de los mismos es un experto, siendo público su currículum, que incluiría

tanto formación como experiencia; y porque se incluyen referencias bibliográficas. Esta parte de la propuesta es lo que daría a nuestra red de conocimiento el calificativo de “red de conocimiento certificado”.

La segunda parte de nuestra propuesta se haría para resolver el problema de la adaptación de los contenidos a los conocimientos previos del usuario. Esta propuesta consistiría en dotar a cada contenido de distintos niveles de detalle o profundidad, de manera que un mismo contenido pudiera aparecer explicado con mayor o menor detalle, lo que daría opción al usuario de elegir el que mejor se adaptara a sus conocimientos previos. En nuestra “red de conocimiento multinivel” existirían contenidos que tendrían un único nivel de detalle, y otros que ofrecerían distintos niveles para un mismo contenido. Aunque lo deseable sería que para todos los nodos de la red existieran varios niveles de detalle, sería el experto el que determinaría los niveles de detalle que harían falta y también el responsable de su desarrollo.

En la Figura 2.3, utilizando la notación expuesta previamente de diagramas de contenido, representamos un “diagrama de un contenido de dos niveles”, incluyéndose, para un contenido genérico, un nodo de nivel 0 y un nodo de nivel 1 con más nivel de detalle.

Fig. 2.3. “Diagrama de contenido multinivel” genérico.

En la Figura 2.4 se ofrece un ejemplo más complejo de parte de una red de conocimiento multinivel, que comentamos a continuación: el contenido 4 tendría tres niveles de detalle (nodo de nivel 0 o básico, nodo de nivel 1 o intermedio, y nodo de nivel 2 o avanzado); el contenido 3 tendría dos niveles de detalle (nivel 0 o básico, y nivel 1 o avanzado); el resto de contenidos tendrían un único nivel de detalle (nodo de nivel 0).

Fig. 2.4. Ejemplo de “diagrama de contenido” de parte de una “red multinivel de conocimiento”.

Con nuestra doble propuesta conseguiríamos dar fiabilidad a los contenidos y adaptar los mismos a los conocimientos previos del usuario, al darle opción a elegir el nivel de detalle para los contenidos, obteniendo una red que hemos denominado como

Red de Conocimiento Multinivel Certificado, o Certified Multilevel Knowledge Network, abreviado como kNOwledge NETwork (NONET).

En la Figura 2.5 podemos ver la que sería la estructura de la interfaz de usuario de un LCMS para un contenido específico de la NONET.

Fig. 2.5. Estructura de la interfaz de usuario de la NONET.

En esta estructura de la interfaz de usuario de un nodo de la NONET aparece una zona central donde se explican los contenidos del nodo, mientras que el resto de la interfaz está dividida en las siguientes zonas:

- a) “Buscar”, donde se indica el “contenido” a buscar.
- b) “Diagrama de contenidos”, donde se visualiza el diagrama de contenidos y se selecciona el nivel de detalle del nodo.
- c) “Referencias”, donde se indican las referencias consultadas al redactar los contenidos del nodo.
- d) “Certificado por”, donde se indica quién es el experto que certifica el nodo y su curriculum

Con el diseño que hemos realizado estaríamos intentando resolver, en parte, dos de los problemas de los objetos de aprendizaje, la fiabilidad de los contenidos y la dificultad para adaptarse a los conocimientos del usuario. La validación de nuestra propuesta será lo que realizaremos en capítulos posteriores.

**REESTRUCTURACIÓN, ADAPTADA A LA PROPUESTA,
DE LOS CONTENIDOS DE UNA ASIGNATURA
UNIVERSITARIA**

3. REESTRUCTURACIÓN, ADAPTADA A LA PROPUESTA, DE LOS CONTENIDOS DE UNA ASIGNATURA UNIVERSITARIA

Una vez que hemos explicado la propuesta de una Red Multinivel de Conocimiento Certificado, expondremos cómo se reestructuraría una asignatura universitaria para adaptarla a dicha propuesta. Escogeremos una asignatura en la que el doctorando tiene suficiente experiencia, como es Verificación, Validación y Pruebas del Software (VVPS), impartida en la titulación de Grado en Ingeniería del Software, en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Sistemas Informáticos de la Universidad Politécnica de Madrid.

La asignatura VVPS trata básicamente sobre las comprobaciones que hay que realizar al software en el proceso de su desarrollo, ya sea para ratificar que se está desarrollando el software correcto (validación) o que el software se está produciendo correctamente (verificación). Las pruebas no son más que formas de validación o de verificación: las pruebas unitarias (que se pueden realizar con la herramienta JUnit) y de integración, se corresponden con verificación, y las pruebas de validación con la validación. Para la realización de estas pruebas existen distintas técnicas, como son las de caja negra, que comprueban las entradas y las salidas, y las de caja blanca, que comprueban las operaciones que se aplican a las entradas para generar dichas salidas.

El temario de la asignatura VVPS, cuyos contenidos reestructuraremos es el que se detalla a continuación:

0. Proceso de desarrollo del software.
1. Verificación y validación.
2. Pruebas unitarias y de integración.
3. Depuración.
4. Técnicas de prueba.
5. Técnicas de caja blanca.
6. Otras técnicas de caja blanca.
7. Técnicas de caja negra.

8. Pruebas de validación y aceptación.
9. Pruebas del sistema.
10. JUnit.

El paso previo a la reestructuración consistiría en representar el temario como “diagrama de contenidos lineal” (Figura 3.1).

Fig. 3.1. “Diagrama de contenidos lineal” de la asignatura VVPS.

El siguiente paso consistiría en reestructurar el temario en forma de red, dando lugar al “diagrama de contenidos” reticular de la Figura 3.2. A la hora de realizar la reestructuración de un temario genérico será necesario conocer en detalle los contenidos y las relaciones entre los temas.

Los criterios seguidos para reestructurar los contenidos concretos de VVPS han sido los siguientes: los temas que tratan sobre Técnicas de Pruebas (Temas 4, 5, 6 y 7) se han conectado con el tema de Pruebas Unitarias y de Integración (Tema 2), puesto que estas técnicas sólo se aplican a las Pruebas unitarias y de Integración; el Tema 4 (Técnicas de Prueba) debe aprenderse antes que los temas relativos a Caja Blanca y Caja Negra (Temas 5, 6 y 7), motivo por lo que van secuenciados; el tema de la Depuración (Tema 3) se ha conectado igualmente con el tema de Pruebas Unitarias y de Integración (Tema 2), ya que la depuración se aplica al código, y es sobre este código sobre el que se realizan las Pruebas Unitarias y de Integración; y por último, antes de conocer la herramienta para la realización de Pruebas Unitarias, JUnit, es imprescindible conocer el tema de Pruebas Unitarias, motivo por el que se han secuenciado los contenidos. Por otra parte, los Temas 4, 5, 6 y 7, y 2, 3 y 10, estrechamente relacionados entre sí, se han agrupado en “nubes”.

En la representación reestructurada de los contenidos de VVPS mediante “diagrama de contenidos” de la Figura 3.2, se han utilizado: “conectores de estructura” discontinuos para relacionar los contenidos; “conectores de secuenciación” para aquellos contenidos que deben ir secuenciados; y por último, “nubes” para agrupar algunos de los contenidos.

Una vez reestructurado el temario de VVPS, determinaremos qué contenidos deben tener varios niveles de detalle (Figura 3.3). En nuestro caso hemos estimado que será suficiente con dotar a los contenidos del Tema 0, del Tema 1 y del Tema 10 con dos niveles de detalle, uno más superficial (nivel 0) y otro más profundo (nivel 1).

En los restantes temas se ha mantenido un único nivel de detalle (nivel 0). En la numeración de los niveles es importante destacar que los niveles se establecen unos en relación a los otros, es decir un “nivel 1” de un contenido indica más nivel de detalle que un “nivel 0” para ese contenido, pero no significa que un contenido con un único nodo de “nivel 0” tenga los contenidos con un bajo nivel de detalle, sino que al existir sólo un nivel de detalle, numéricamente se le asigna un “nivel 0”.

Fig. 3.3. “Diagrama de contenidos multinivel” de la asignatura VVPS.

**IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA EN LOS
APUNTES DE UNA ASIGNATURA UNIVERSITARIA**

4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA EN LOS APUNTES DE UNA ASIGNATURA UNIVERSITARIA

Para el seguimiento de las clases de Verificación, Validación y Pruebas del Software (VVPS) y la preparación de la asignatura, el alumno dispone de apuntes elaborados por el profesor, descargables del servidor MOODLE de la UPM. Los apuntes se han elaborado como si de transparencias se tratara y se reproducen en el aula mediante la aplicación de presentación de transparencias PowerPoint. Una vez descargados, el alumno tiene la posibilidad de seguir los apuntes desde su portátil o de imprimirlos y tomar anotaciones relativas a las explicaciones que se dan en el aula.

En la Figura 4.1 se muestra un ejemplo de una de las transparencias del Tema 0 de los apuntes, que se vienen utilizando habitualmente.

Fig. 4.1. Ejemplo de una transparencia del Tema 0 de los apuntes de VVPS.

Uno de los puntos clave de esta tesis es la validación, siendo la parte más delicada cómo realizarla. Se creyó conveniente que, para la validación de la propuesta,

se reutilizaran los apuntes, integrando en ellos la Red Multinivel de Conocimiento Certificado. La integración implicaba unos problemas importantes:

- a) la utilización en los apuntes de la representación de “diagrama de contenidos”;
- b) la creación de nodos con distinto nivel de detalle para un mismo contenido;
- c) y por último, incluir el autor para refrendar los contenidos.

4.1. UTILIZACIÓN DE “DIAGRAMAS DE CONTENIDOS”

La utilización del “diagrama de contenidos” en los apuntes fue el primer problema que se abordó. En la Figura 4.2 se muestra cómo se transforman los componentes gráficos del “diagrama de contenidos” en elementos de una transparencia en PowerPoint.

Fig. 4.2. Transformación del “diagrama de contenidos multinivel” a los gráficos correspondientes en PowerPoint.

En lo relativo a los restantes elementos del diagrama de contenidos, los “conectores de estructura”, representados con una línea discontinua, se mantendrán con la misma imagen. Al igual que los “conectores de secuenciación”, que seguirán utilizando una flecha con línea continua, indicando el sentido de la flecha qué contenido tiene que ser aprendido antes que otro. Por otra parte, para facilitar la comprensión por el alumno, se incluirá una leyenda explicando el significado de los elementos gráficos de la representación.

Hay que mencionar que aunque inicialmente se eligieron otros colores para representar el diagrama de contenidos, posteriormente, en el aula, estos colores se tuvieron que adaptar para que se distinguieran tanto en el proyector, como en la pantalla de un portátil o al imprimirse.

Para acceder a distintos niveles de contenidos se emplearán los hipervínculos de PowerPoint, al permitir relacionar transparencias dentro de una misma presentación.

El resultado de la utilización del “diagrama de contenidos multinivel” en los apuntes es la que se refleja en la Figura 4.3 y Figura 4.4.

Fig. 4.3. “Diagrama de contenidos multinivel” en PowerPoint de la asignatura VVPS (1ª parte).

Fig. 4.4. “Diagrama de contenidos multinivel” en PowerPoint de la asignatura VVPS (2ª parte).

Se ha conseguido, por tanto, representar el “diagrama de contenido multinivel” en los apuntes.

4.2. DESARROLLO DE LOS CONTENIDOS CON DISTINTO NIVEL DE DETALLE

El siguiente paso consistirá en desarrollar los nodos con distintos niveles de detalle; en nuestro caso tomaremos como ejemplo los contenidos del Tema 1. Al seleccionar en el Tema 1 el nodo de “nivel 0” (Figura 4.5) accederemos, a través del hipervínculo, a la transparencia donde se desarrolla este nodo (Figura 4.6).

Fig. 4.5. Selección con el ratón del “nivel 0” del Tema 1.

Verificación y validación (nivel 0)

- ▶ Las comprobaciones del software abarcan dos aspectos: si el producto que se está desarrollando es el que quiere el cliente (validación) y si funciona correctamente (verificación). Verificación y validación abarcan no solo las pruebas sino también las revisiones técnicas formales.
- ▶ Antes de codificar, un ingeniero de pruebas crea el caso de prueba. Otro informático lo codifica y pasa la prueba unitaria, corrigiendo el código en caso de que la prueba detecte errores, volviendo a pasar la prueba, y así repetidamente, hasta comprobar que la prueba no detecta errores. Tras pasarse las pruebas unitarias otro ingeniero de pruebas pasa las pruebas de integración. El jefe de pruebas crea el plan de pruebas cuando se tiene el modelo de requisitos, detallándose en el plan aspectos como la estrategia de integración.
- ▶ En los casos de prueba se indica la salida esperada para una entrada determinada. En caso de obtenerse una salida distinta de la esperada, se habría detectado un error, que habría que corregir. El caso de prueba se crea para dejar al descubierto los errores, no para comprobar los casos en que todo es correcto.
- ▶ Para la prueba se pueden emplear técnicas que utilizan el código como tal (caja blanca) u otras que simplemente usan las entradas y salidas (caja negra) de este código.

Verificación, validación y pruebas del software /
2014-15 / Profesor F. Naharro (extraído en
parte de R.S. Pressman)

66

Fig. 4.6. Contenidos del “nivel 0” del Tema 1.

En este “nivel 0” del Tema 0 se explican en tan solo una transparencia los contenidos que se expondrán con más detalle en el “nivel 1”. Si seleccionamos el “nivel 1” de este Tema 1 (Figura 4.7), accederemos a la transparencia donde comienzan el desarrollo detallado de los contenidos de este tema (Figura 4.8 y Figura 4.9).

Fig. 4.7. Selección con el ratón del “nivel 1” del Tema 1.

Verificación y validación (nivel 1)

- 1 Verificación y validación (V&V)
- 2 Estrategias
 - ▶ a) Un enfoque estratégico para la prueba del software
 - ▶ b) Aspectos estratégicos
- 3 Estrategias de prueba para arquitecturas convencionales de software y orientadas a objetos
 - ▶ a) Estrategias para software convencional
 - ▶ b) Técnicas de prueba
 - ▶ c) Estrategias orientadas a objetos
- 4 Agentes que intervienen en las pruebas
- 5 La construcción
 - ▶ 5.1 Conjunto de tareas genéricas para la construcción
 - ▶ 5.2 Principios y conceptos de codificación
 - ▶ 5.3 Conjunto de tareas genéricas para las pruebas
- 6 Principios de las pruebas
- 7 Testeabilidad y características de los tests
 - ▶ a) Testeabilidad
 - ▶ b) Características de los tests
- 8 Caso de prueba
- 9 Criterios para terminar la prueba

Verificación, validación y pruebas del software /
2014-15 / Profesor F. Naharro (extraído en
parte de R.S. Pressman)

59

Fig. 4.8. Tabla de contenidos del “nivel 1” del Tema 1.

Fig. 4.9. Comienzo de los contenidos del “nivel 1” del Tema 1.

Mientras que el Tema 1, en el “nivel 0” se ha explicado con tan solo una transparencia, en el “nivel 1” se ha explicado en detalle, con casi unas 30 transparencias.

4.3. EMPLEO DE CONECTORES DE SECUENCIACIÓN EN CONTENIDOS CON DISTINTO NIVEL DE DETALLE

Una vez que se ha descrito cómo se accede a los distintos niveles de un contenido, comentaremos cuál es el funcionamiento de los “conectores de secuenciación”.

En el “diagrama de contenidos” de la Figura 4.5 aparece un “conector de secuenciación” entre el Tema 2 (Pruebas Unitarias y de Integración) y el Tema 10 (JUnit). Este conector indica que los contenidos del Tema 2 deben ser aprendidos antes que los del Tema 10, ya que JUnit es una herramienta para realizar pruebas unitarias.

En los contenidos del Tema 10 (JUnit) también aparecen dos niveles de detalle: uno más básico o de “nivel 0” y otro más avanzado o de “nivel 1”. Seleccionando el nodo de “nivel 0” del Tema 10 (Figura 4.10) accedemos a los contenidos (Figura 4.11, Figura 4.12).

Fig. 4.10. Selección del “nivel 0” del Tema JUnit.

JUnit (nivel 0)

- ▶ JUnit es un conjunto de bibliotecas utilizadas para hacer pruebas unitarias en Java. JUnit permite evaluar si el funcionamiento de los métodos de las clases se comporta como se espera. Es decir, para un valor de entrada, se evalúa el valor obtenido. Si coincide con el valor esperado JUnit devolverá el método que pasó exitosamente la prueba. En caso contrario JUnit devolverá un fallo en el método correspondiente.
- ▶ Las herramientas de desarrollo como NetBeans y Eclipse cuentan con plug-ins que permiten que la creación de las pruebas de una clase Java se realice de manera automática, permitiendo al codificador que se centre en la prueba y en el resultado de la misma. En definitiva, se deja a la herramienta la creación de clases que permiten coordinar las pruebas.

Verificación, validación y pruebas del software | 2014-15 /
Profesor F. Pascual (asistido en parte de R. G. Pascual)

102

Fig. 4.11. Contenidos del “nivel 0” del Tema JUnit (1ª transparencia).

Fig. 4.12. Contenidos del “nivel 0” del Tema JUnit (2ª transparencia).

Seleccionando en cambio el nodo de “nivel 1” del contenido JUnit (Figura 4.13) accedemos a contenidos con más nivel de detalle (Figura 4.14).

Fig. 4.13. Selección del “nivel 1” del Tema JUnit.

Fig. 4.14. Contenidos del “nivel 1” del Tema JUnit.

En este caso, al ofrecerse los contenidos con más nivel de detalle, se incluyen en los apuntes un Manual Detallado de JUnit y un videotutorial hecho ex professo por un alumno de la asignatura.

En definitiva, el contenido JUnit nos ha servido para justificar la existencia de distintos niveles de detalle para un mismo contenido, para explicar cómo se pueden crear estos niveles y para aclarar cómo se produce la secuenciación entre contenidos.

4.4. CONTENIDOS REFRENDADOS POR EL AUTOR

En lo relativo a dar fiabilidad a los contenidos, referenciando el autor de los mismos, se ha optado por incluir en cada transparencia tanto el nombre del profesor como el título y autor del libro del que están extraídos los apuntes. Igualmente, en los manuales o videotutoriales incluidos en los apuntes se ha hecho constar el nombre del autor de dichos recursos.

**UTILIZACIÓN DEL MODELO DE ACEPTACIÓN DE LA
TECNOLOGÍA PARA LA VALIDACIÓN DE LA
PROPUESTA**

5. UTILIZACIÓN DEL MODELO DE ACEPTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA PARA LA VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

Uno de los modelos más usados para medir la aceptación de la tecnología es el Modelo de Aceptación de la Tecnología (TAM) de Davis ([F. Davis, 1989], [F. Davis, 1993], [M. Y. Chuttur, 2009]), que se basa en determinar si el usuario percibe que la tecnología es útil y fácil de usar, aspectos ambos fundamentales a la hora de usar o no dicha tecnología (Figura 5.1).

Fig. 5.1. Modelo de Aceptación de la Tecnología de Davis.

La “utilidad percibida” se apoya en la creencia de los usuarios de que usando la tecnología se incrementará su rendimiento en el aprendizaje, efectividad y eficiencia; la “facilidad de uso percibida” se basa en la idea que pueda tener el usuario de que el uso de la tecnología no le va a suponer realizar un gran esfuerzo.

La “intención de uso” de la tecnología se utiliza como un indicador para la aceptación de la misma. Los estudiantes aceptarán la tecnología propuesta como una tecnología de apoyo al aprendizaje y a la enseñanza, si perciben que esta tecnología es útil y fácil de usar. Existen numerosos estudios empíricos que han validado la relación entre utilidad percibida y aceptación, así como entre facilidad de

uso y aceptación ([F. Davis, V. Venkatesh, 1995], [D. Gefen, M. Keil, 1998], [R. Thompson, G. Rose, 1994]).

El modelo TAM es frecuentemente utilizado, tal y como se refleja al estudiar la intención de uso en numerosas herramientas para el aprendizaje ([E. Ngai, et al., 2007], [S. Liaw, 2007], [M. Yi y Y. Hwang, 2003], [C. Ong et al., 2004], [C. Pan et al., 2005], [E. Raaij y J. Schepers, 2008]). En muchas de estas herramientas, el modelo TAM se modifica incorporando o eliminando variables, incluyendo elementos que puedan influir en la aceptación de la tecnología, aplicada en este caso al aprendizaje. Por ejemplo, en [C. Ong et al., 2004] se incluye la “percepción de credibilidad”, en [E. Ngai, et al. 2007] se incorpora el “soporte técnico” o en [I. Liu et al, 2010] se incluye el “diseño de la herramienta” y la “experiencia previa”.

Precisamente, esta modificación, la de Liu, es la que hemos tomado como punto de partida para nuestra propuesta, utilizando como variables externas el “diseño de la herramienta” y el “diseño de la interfaz de usuario”, pero excluyendo la “experiencia previa”, por entender que no tiene relevancia en nuestro caso (Figura 5.2).

Fig. 5.2. Adaptación del Modelo de Aceptación de la Tecnología de Liu.

En el modelo adaptado de Liu, que hemos adoptado, existen unas dependencias de las que se derivan unas hipótesis, que se enumeran a continuación:

- “Diseño de la Herramienta”: El diseño puede determinar el éxito o fracaso de una herramienta. Este diseño influirá sobre la “Utilidad Percibida” y sobre la “Facilidad de Uso Percibida”. Establecemos las siguientes hipótesis:
 - H1: El “Diseño de la Herramienta” influye positivamente en la “Utilidad Percibida”.
 - H2: El “Diseño de la Herramienta” influye positivamente en la “Facilidad de Uso Percibida”
- “Diseño de la Interfaz de Usuario”: la interfaz puede facilitar a los usuarios el uso de la herramienta y con ello favorecer los objetivos de aprendizaje. Un buen diseño de la interfaz influye directamente en una herramienta fácil de usar. Se establece la siguiente hipótesis:
 - H3: El “Diseño de la Interfaz de Usuario” de la herramienta influye positivamente en la “Facilidad de Uso Percibida”.

La “Utilidad Percibida” como la “Facilidad de Uso Percibida”, determinan la “Intención de Uso”, y por tanto de la aceptación de la tecnología. Se establecen las siguientes hipótesis:

- H4: La “Facilidad de Uso Percibida” influye positivamente en la “Utilidad Percibida”.
- H5: La “Facilidad de Uso Percibida” influye positivamente en la “Intención de Uso”.
- H6: La “Utilidad Percibida” influye positivamente en la “Intención de Uso”.

Además de este modelo existen otros para medir la aceptación de una tecnología, como son la Teoría de la Acción Razonada, o Theory of Reasoned Action (TRA), el Modelo Motivacional, o Motivational Model (MM), la Teoría del Comportamiento Planificado, o Theory of Planned Behaviour (TPB), la Teoría de Difusión de Innovaciones, o Innovation Diffusion Theory (IDT) y otros como el de [V. Venkatesh et al., 2003], de la Teoría Unificada de Aceptación y Uso de la Tecnología, o

UTILIZACIÓN DEL MODELO DE ACEPTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA PARA LA VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT), que combinan varios enfoques.

USO DE TINTAS HIPSOMÉTRICAS TOPOGRÁFICAS PARA LA INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

6. USO DE TINTAS HIPSOMÉTRICAS TOPOGRÁFICAS PARA LA INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Las tintas hipsométricas se utilizan en Topografía para diferenciar zonas con distinta altura delimitadas por cotas de nivel idénticas, aunque no es la única forma de representación altimétrica. No obstante, por su versatilidad, pueden ser aplicadas en otros contextos distintos del cartográfico.

6.1. MAPAS Y REPRESENTACIÓN ALTIMÉTRICA

Para tener una idea general de una ciudad, región o país la mejor forma de analizarlo es a través de una representación gráfica, que puede ser mediante una fotografía o un mapa. La fotografía es la representación real del terreno y a partir de la fotografía aérea, a través de una minuciosa restitución, se llega a la representación cartográfica (mapa, plano).

Para realizar los mapas o planos es necesario tener una serie de dibujos, signos y palabras que estén normalizados para evitar confusión entre los distintos organismos que realizan dicha cartografía. Los mapas que no pretenden representar la superficie terrestre sino distintos fenómenos (geología, cultivos, etc.), se denominan mapas temáticos.

En muchas ocasiones se confunde el concepto de mapa y plano, cuando en realidad son términos diferenciados:

- a) Los planos son representaciones cartográficas en los cuales no se tiene en cuenta la esfericidad terrestre, por tanto, se emplean en general para representar zonas reducidas de la Tierra.
- b) Los mapas sí tienen en cuenta la esfericidad terrestre. Ante la representación terrestre en un mapa surgen dos problemas:
 - o La superficie terrestre es mayor que la representación cartográfica; se soluciona mediante la escala.

USO DE TINTAS HIPSONÉTICAS TOPOGRÁFICAS PARA LA INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

- La superficie terrestre no es plana mientras que la representación cartográfica sí lo es; se soluciona aplicando los métodos de proyección cartográfica.

Los mapas que no tienen ninguna representación del relieve se denominan mapas planimétricos, mientras que a la parte del mapa que representa el relieve se conoce como altimetría. Desde antiguo se hace necesario la representación altimétrica, pero no se consigue tener una representación lo bastante fiable de la altimetría hasta finales del siglo XVIII, cuando aparece el barómetro y se perfeccionan los aparatos topográficos.

La representación altimétrica se realiza a través de curvas de nivel o mediante tintas hipsométricas. En el caso de las curvas de nivel, para representar la altimetría se emplea el sistema de planos acotados, de forma que se unen todos los puntos que tienen la misma cota mediante líneas denominadas “curvas de nivel”. El resultado es el mismo que si la superficie que se quiere representar se cortase por unos planos horizontales y se proyectasen sobre un plano.

Las cotas de las curvas de nivel son múltiplos de un número dado, de forma que los planos horizontales equidistan entre sí. Las curvas de nivel siguen unas normas:

- Las cotas de curvas sucesivas son números uniformemente crecientes o decrecientes.
- Dos curvas de nivel no pueden cortarse o coincidir, excepto comisas, acantilados, etc.
- Las curvas de nivel cerradas tienen cotas mayores que las curvas que le rodean, excepto pozos, hoyos, etc.
- Todas las curvas de nivel son cerradas si se considera un mapa completo, caso de una isla.
- El número de curvas cortadas por el borde debe ser par.

Otro dato importante en la representación del relieve mediante curvas de nivel es la equidistancia. La equidistancia es la distancia entre curvas de nivel consecutivas. Suele ser un número múltiplo de 10. Para elegir la equidistancia de un mapa, debe tenerse en cuenta que dos curvas consecutivas no se encuentren a menos de 0,5 milímetros. Un detalle del curvado es la representación de las curvas maestras. En ellas se representa su cota mediante una rotulación de la curva más gruesa y poniendo la cota. Las curvas maestras se señalan cada cuatro normales. Si la equidistancia es de 20 metros, las curvas maestras se señalan cada 100 metros.

Las tintas hipsométricas se emplean en escalas pequeñas, a partir de 1:500.000 y en los atlas. Su uso consiste en establecer zonas de altitudes limitadas por curvas de nivel, de forma que se asigna a cada zona un color distinto. Una serie habitual de altitudes, en metros, sería: 0, 100, 200, 400, 600, 1000, 1500, 2500 y 3000; y otra serie sería: 0, 100, 200, 500, 1000, 2000 y 4000.

Aunque existen diferentes versiones en la utilización de la gama de colores, los que tradicionalmente se emplean corresponden a la gama de los verdes y sienas, usándose los verdes intensos en las zonas más bajas, intensidad que va disminuyendo con la altura hasta llegar en las zonas más altas al siena claro y posteriormente al siena oscuro. Las cotas más altas se representan en blanco, simulando las nieves perpetuas.

Para la representación de profundidades marinas se emplea el azul, aumentando su intensidad con la profundidad. Para no dejar la zona marina en blanco se han ido proponiendo distintas soluciones: entre otras, destaca el empleo del denominado “dibujo de aguas”, en el cual se hacían líneas paralelas a la costa y la distancia entre ellas se iba aumentando a media que se separaba de la costa. Posteriormente, esta forma de representar el mar se sustituyó por un fondo azul, dibujándose las curvas de nivel a -5, -10, -20, etc. metros de profundidad.

La línea de separación entre la tierra y el mar es la curva de nivel de cota cero y está referida al “nivel medio del mar” en Alicante. La zona que queda entre la máxima pleamar y la máxima bajamar se denomina “strand”; esta zona será más o menos amplia dependiendo de la magnitud de las mareas y de la pendiente del litoral. La línea de costa

que aparece en una fotografía aérea no coincidirá con la del mapa, ya que corresponde al momento que se hizo la fotografía y no es la misma que la línea de cota cero referida al “nivel medio del mar” en Alicante.

6.2. TINTAS HIPSONÉTICAS

Las curvas de nivel nos proporcionan información sobre las alturas del terreno, de manera que a mayor espaciamento entre las curvas de nivel existirá menor pendiente del terreno, pero en ocasiones requieren de personas expertas en la lectura de mapas. No obstante, existen alternativas simbólicas, a las curvas de nivel.

Las tintas hipsométricas ([J.J. Arranz, 2008]) son una de éstas alternativas, aplicándose distintos colores a cada una de las alturas. El relieve de un área se divide en zonas, por su altura, y se colorea cada zona con el color que corresponda, de una gama elegida previamente. Esta utilización de capas tintadas, para informar sobre el relieve en los mapas geográficos, es muy frecuente. La elección de este tipo de representación implica la selección de los intervalos de alturas y de la gama de color para representar dichos intervalos.

La utilización de curvas enfatiza gráficamente los límites de las tintas, permitiendo además una diferenciación de colores similares, facilitando la lectura y comprensión del mapa. Cuando el relieve sólo se representa con tintas, su uso es aconsejable, recomendándose usar el color gris por armonizar con todos los colores.

6.2.1. SELECCIÓN DE ZONAS

El cartógrafo elige tanto el número de zonas como los límites de la misma. Puede afirmarse que a mayor número de zonas, mejor será la representación del relieve, pero este principio no está exento de problemas. Lo habitual es escoger entre 7 y 9 zonas para las tierras emergentes y entre 4 y 5 para los mares y océanos. La elección de los límites de las zonas requiere un estudio detallado.

Una primera opción consistiría en, una vez escogido el número de zonas, clasificar el relieve en intervalos iguales, con la misma amplitud. En el caso de aplicarse

USO DE TINTAS HIPSONÓMICAS TOPOGRÁFICAS PARA LA INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

al relieve emergente, casi todo el mapa estaría de un color, pues por debajo de los 1000 metros se encuentra el 60% de la superficie total ([Penk, Wagner y Kossina 1904]), y el sistema aportaría poca información, no siendo efectivo. Por tanto, se hace necesario elegir los intervalos teniendo en cuenta la superficie total considerada dentro de cada intervalo. Una alternativa sería realizar el proceso a la inversa, dividiendo el relieve en intervalos de igual superficie, para determinar después los límites de altura correspondientes. El inconveniente de esta opción es que desnaturaliza el carácter del terreno.

Para la selección de alturas existen tres métodos básicos, que se describen a continuación:

- a) Zonas con incrementos iguales, donde la altura máxima se divide entre el número de zonas, obteniéndose zonas con la misma amplitud de altura. Como se ha comentado, se desaconseja por las desproporciones entre superficies.

Tabla 6.1. Ejemplo de selección de zonas equidistantes.

Límites de zona	Escalones
Más de 4000 mts	
3500-4000 mts	500
3000-3500 mts	500
2500-3000 mts	500
2000-2500 mts	500
1500-2000 mts	500
1000-1500 mts	500
500-1000 mts	500
0-500 mts	500

- b) Progresión aritmética, donde los intervalos aumentan progresivamente, dando más detalle en las zonas bajas que en las altas, considerándose un incremento constante entre escalones.

Tabla 6.2. Ejemplo de selección de zonas con progresión aritmética.

Límites de zona	Escalones	Incremento
4200-5600	1400	200
3000-4200	1200	200
2000-3000	1000	200
1200-2000	800	200
600-1200	600	200
200-600	400	200
0-200	200	

- c) Progresión geométrica, donde se considera un incremento multiplicativo entre escalones. Se da mayor detalle en las zonas bajas y la superficie por intervalo se equilibra, pero los límites calculados entorpecen la comprensión del mapa.

Tabla 6.3. Ejemplo de selección de zonas con progresión geométrica.

Límites de zona	Escalones	Incremento
1500-3150	1600	$800 = 2x$
750-1550	800	$400 = 2x$
350-750	400	$200 = 2x$
150-350	200	$100 = 2x$
50-150	100	$50 = 1x$
0-50	50	50

En la práctica, se recomienda el método de progresión geométrica con ciertas modificaciones para obtener límites fácilmente perceptibles.

Tabla 6.4. Ejemplo de zonas con progresión aritmética modificada.

Límites de zona	Escalones	Incremento
4000-8000	4000	2000=2x
2000-4000	2000	1000=2x
1000-2000	1000	500=2,5x
500-1000	500	200=1x
200-500	300	200=4x
100-200	100	50=1x
50-100	50	50=1x
0-50	50	50

6.2.2. SELECCIÓN DE LA GAMA DE COLOR

Después de haber elegido los intervalos, se debe escoger la gama de color que corresponde a cada intervalo. En la mayoría de las ocasiones, el cartógrafo sigue alguno de los criterios siguientes:

- Con las gamas de color se pretende conseguir una visión de la imagen tridimensional del relieve.
- Con las gamas de color se intenta hacer hincapié exclusivamente en el carácter simbólico de esta representación.

Con la elección de algunas gamas de color, se intenta que intervalos sucesivos tengan tonos similares, mientras que otras pretenden justo lo contrario: que queden bien diferenciados los intervalos. Pero tanto en un caso como en otro, lo recomendable es que se utilicen tonos claros, puesto que las tintas se suelen combinar con otros elementos de representación del relieve, y en el caso de ser tintas oscuras se dificulta la lectura de estos otros elementos.

Una vez que se escoge una gama y un número de intervalos hay que adecuar la gama a dicho número, ampliando o reduciendo la gama de colores para hacerla coincidir con el número de intervalos.

USO DE TINTAS HIPSONÓMICAS TOPOGRÁFICAS PARA LA INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Existen unas gramas tradicionales de color y unas variantes de las mismas. Tradicionalmente se ha usado la gama de colores de la Tabla 6.5, aunque hoy en día ha quedado obsoleta debido a que aplicaba colores oscuros en las zonas altas, lo que dificultaba la lectura del mapa.

Tabla 6.5. Gama de colores tradicionales

Marrón rojizo oscuro
Marrón medio
Siena
Amarillo
Amarillo verdoso
Verde amarillento
Verde azulado

Sin dejar de lado la gama tradicional, pero intentando evitar este problema, han surgido alternativas que han mantenido los colores de las zonas bajas (desde el verde azulado hasta el amarillo), modificando los colores de las zonas altas (desde el siena al marrón rojizo oscuro), dando lugar a diferentes variantes. Los colores usados en las zonas altas en cada una de estas variantes son los siguientes:

- a) púrpura claro, púrpura (Tabla 6.6)
- b) amarillo anaranjado, naranja, rojo (Tabla 6.7)
- c) púrpura, blanco. Existe una modificación de esta variante que utiliza el rosa en lugar del púrpura. (Tabla 6.8)
- d) amarillo rojizo, rosa (Tabla 6.9)

Tabla 6.6. Variante A para representación de zonas altas.

Variante A	
Púrpura	
Púrpura claro	
Amarillo	
Amarillo verdoso	
Verde amarillento	
Verde azulado	

Tabla 6.7. Variante B para representación de zonas altas.

Variante B	
Rojo	
Naranja	
Amarillo anaranjado	
Amarillo	
Amarillo verdoso	
Verde amarillento	
Verde azulado	

Tabla 6.8. Variante C para representación de zonas altas.

Variante C		Variante C (modificada)	
Blanco		Blanco	
Púrpura		Rosa	
Amarillo		Amarillo	
Amarillo verdoso		Amarillo verdoso	
Verde amarillento		Verde amarillento	
Verde azulado		Verde azulado	

Tabla 6.9. Variante D para representación de zonas altas.

Variante D	
Rosa
Amarillo rojizo
Amarillo
Amarillo verdoso
Verde amarillento
Verde azulado

La variante C, fue la aceptada en 1962 como standard para el mapa del mundo 1:1.000.000, aunque posteriormente fue modificada sustituyendo el púrpura por un rosa en las zonas altas.

APLICACIÓN DE LA PROPUESTA A LA ENSEÑANZA UNIVERSITARIA Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

7. APLICACIÓN DE LA PROPUESTA A LA ENSEÑANZA UNIVERSITARIA Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

La propuesta se ha implementado en los apuntes de la asignatura Verificación, Validación y Pruebas del Software (VVPS), impartida en el primer semestre del tercer curso del Grado en Ingeniería del Software de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Sistemas Informáticos (ETSI SI) de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Esta asignatura tiene asignados 6 créditos europeos y es de carácter obligatoria. La propuesta se ha aplicado en esta asignatura de VVPS, durante el curso 2014-15.

La asignatura se imparte durante dieciséis semanas, a razón de 4 horas a la semana: mediante clases teóricas, utilizando como metodología la lección magistral y el aprendizaje basado en problemas; y prácticas, tomando como base metodológica el aprendizaje basado en proyectos. De las dieciséis semanas, doce se dedican a la teoría y las cuatro restantes a la práctica, aunque teoría y práctica se dan de manera alterna.

En lo relativo a la evaluación, la parte teórica se evalúa mediante dos parciales tipo test, ponderando cada uno con un 30% de la nota total y la parte práctica mediante cuatro prácticas, con una ponderación cada una del 10% en la nota final. El temario de la parte teórica se distribuye en once temas, de los cuales, en el primer parcial se evalúan los tres primeros temas (0, 1 y 2), y en el segundo los restantes. Las cuatro prácticas que se realizan están relacionadas con los contenidos del tema 2.

La asignatura en el curso 2014-15 se ha impartido en dos grupos, el GSM-31 y el GST-31, con un total de 76 alumnos matriculados. Aunque según Bolonia la enseñanza es presencial y la asistencia a clase obligatoria, se permite a los alumnos que se matriculen simultáneamente de asignaturas de distintos cursos, lo que dificulta o impide la asistencia a clase. Por otra parte, puesto que los apuntes de esta asignatura se pueden descargar del MOODLE UPM, y se pueden seguir sin prácticamente asistir a clase, en esta asignatura existe un número considerable de alumnos en b-learning, algunos pocos de e-learning y una mayoría que asiste a clase habitualmente.

Una vez reestructurados los contenidos e implementada la propuesta en los apuntes de la asignatura en capítulos anteriores, en este capítulo analizaremos la aceptación de la tecnología, las calificaciones académicas y las encuestas de opinión sobre la docencia, después de haber aplicado la propuesta en la impartición de las clases.

7.1. ANÁLISIS DE ACEPTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA

Anteriormente vimos como el modelo TAM, usado como métrica de aceptación de la tecnología, se centraba en la intención de uso, determinada ésta por la utilidad y la facilidad de uso percibida, y éstas a su vez por unas variables externas.

En nuestro caso, hemos adaptado el modelo TAM, concretando las variables externas: el Diseño de la Herramienta y el Diseño de la Interfaz de Usuario (Figura 7.1).

Para cada uno de las secciones del modelo TAM, detallaremos una serie de cuestiones, cuyas valoraciones nos servirán para analizar la aceptación de nuestra propuesta. Como indicamos anteriormente, las cuestiones se valorarán con una numeración del 1 al 5, donde a medida que aumenta el número lo hace la conformidad con la cuestión planteada. Las cuestiones de cada sección concluyen con una cuestión que actúa a modo de conclusión o resumen de la sección. En la Tabla 7.1 se especifica la estructura de la encuesta que se utilizara para recoger la valoración de los alumnos, con un total de 24 cuestiones repartidas en 5 secciones.

Fig. 7.1. Representación del Modelo de Aceptación de la Tecnología de Liu adaptado.

Tabla 7.1. Estructura de la encuesta.

DISEÑO DE LA HERRAMIENTA		1	2	3	4	5
1 a 3						
4	En general, estoy satisfecho con la HERRAMIENTA					
DISEÑO DE LA INTERFAZ DE USUARIO		1	2	3	4	5
5 a 10						
11	En general, estoy satisfecho con la INTERFAZ DE USUARIO					
UTILIDAD PERCIBIDA		1	2	3	4	5
12 a 15						
16	En general, pienso que, utilizar esta representación de los contenidos mejora mi aprendizaje.					
FACILIDAD DE USO PERCIBIDA		1	2	3	4	5
17 a 19						
20	En general, la herramienta es fácil de usar					
INTENCIÓN DE USO		1	2	3	4	5
21 a 24						

Las secciones de la encuesta se han coloreado para facilitar su lectura por el alumnado y para preparar también la interpretación de los resultados que se hará posteriormente.

En la Tabla 7.2 se detallan las cuestiones de la encuesta, que se han obtenido adaptando ítems propuestos en trabajos previos, como por ejemplo, el de [H.M. Selim, 2002]. En esta aparece una leyenda explicando las valoraciones de la escala de Likert y un ejemplo. La encuesta se ha diseñado de manera genérica, para ser aplicada a cualquier asignatura o curso.

Tabla 7.2. Encuesta de aceptación de la propuesta.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID		GRADO EN INGENIERÍA DEL SOFTWARE		CURSO 2014-15					
GRUPO:		ASIGNATURA:							
PROFESOR:									
REPRESENTACIÓN DE LOS CONTENIDOS DE UNA ASIGNATURA MEDIANTE UNA RED DE NODOS CON VARIOS NIVELES DE DETALLE ENCUESTA DE ACEPTACIÓN DE LOS ALUMNOS		Escribir una “x” debajo del valor elegido 1 = completamente en desacuerdo 2 = en desacuerdo 3 = indiferente 4 = de acuerdo 5 = completamente de acuerdo							
PREGUNTAS AGRUPADAS EN SECCIONES					1	2	3	4	5
0	Ejemplo de Pregunta							x	
DISEÑO DE LA HERRAMIENTA					1	2	3	4	5
1	Representar los contenidos en forma de red ayuda a entender mejor la asignatura								

APLICACIÓN DE LA PROPUESTA A LA ENSEÑANZA UNIVERSITARIA Y ANÁLISIS DE
RESULTADOS

2	Explicar un pequeño resumen del tema (nodos de nivel 0) y luego explicarlo en detalle (nodos de nivel 1) ayuda a entender los contenidos del tema					
3	Los contenidos parecen fiables ya que están explicados por expertos (ya sea R.G. Pressman, el profesor, alumnos, u otros autores que se citan en los apuntes)					
4	En general, estoy satisfecho con la HERRAMIENTA					
DISEÑO DE LA INTERFAZ DE USUARIO		1	2	3	4	5
5	Es fácil entender que se usa una línea discontinua para relacionar temas que se complementan, y que se usa una flecha para descomponer un tema en otros					
6	Es fácil comprender que cuando hay un nodo encima de otro, el de más arriba es más básico, y el de más abajo explica más en detalle los contenidos					
7	Entender que hay diferentes niveles en el “mapa de contenidos” resulta fácil porque coloreamos los nodos, por ejemplo, de nivel 0 con un mismo color, y los de nivel 1, con otro color					
8	Comprender dónde estamos en el “mapa de contenidos” es fácil porque utilizamos una flecha roja para indicarlo					
9	Cuando estamos en PowerPoint, en modo “presentación con diapositivas”, y movemos el ratón por la pantalla, y aparece una mano sobre los hipervínculos de los nodos, resulta fácil entender que , al pinchar en uno de los nodos, iremos al tema correspondiente					
10	Citar en los apuntes quiénes son los autores de los contenidos (de los apuntes, de los manuales, de los videos) da la sensación de que los contenidos son fiables					
11	En general, estoy satisfecho con la INTERFAZ DE USUARIO					
UTILIDAD PERCIBIDA		1	2	3	4	5
12	Esta forma de representar los contenidos de una asignatura, en forma de red, facilita entender las relaciones entre los temas, y por tanto aprender los contenidos de la asignatura					

APLICACIÓN DE LA PROPUESTA A LA ENSEÑANZA UNIVERSITARIA Y ANÁLISIS DE
RESULTADOS

13	Que los contenidos tengan distintos niveles de detalle (un nivel 0 básico, un nivel 1 avanzado) facilita el aprendizaje de los contenidos					
14	Que aparezca el nombre del profesor que ha hecho los apuntes, el autor del libro del que se han extraído, el nombre de los alumnos que han hecho los tutoriales o videotutoriales, da tranquilidad a la hora de seguir los apuntes, y por tanto de aprender lo que en ellos se explica					
15	Usar esta forma de representar los contenidos mejora mi productividad (el “esfuerzo” que tengo que hacer para entender el “mapa de contenido” es poco en comparación con el beneficio que obtengo)					
16	En general, pienso que, utilizar esta representación de los contenidos mejora mi aprendizaje .					
FACILIDAD DE USO PERCIBIDA		1	2	3	4	5
17	El hecho de incluir, en el mapa, la “ leyenda ” explicativa de los símbolos utilizados, facilita el uso de la herramienta					
18	Moverme por los diferentes nodos y niveles que representan los contenidos me resulta fácil					
19	Encuentro la herramienta flexible (se podría adaptar a otras asignaturas, se podrían incluir tantos niveles como quisiéramos, etc.)					
20	En general, la herramienta es fácil de usar					
INTENCIÓN DE USO		1	2	3	4	5
21	Si tuviera que volver a cursar esta asignatura, lo cual espero que no sea necesario, utilizaría de nuevo esta herramienta					
22	Una vez conocida esta forma de representar los contenidos, no veo necesario volver a la forma habitual en que se representan los contenidos (tema 1, tema 2 ..., representados linealmente, sin grafos ... y sin niveles)					
23	Recomendaría el uso de esta herramienta a los compañeros del próximo curso, entre los que espero no estar					
24	Me gustaría que otras asignaturas usaran esta herramienta para representar sus contenidos					

7.1.1. RECOPIACIÓN DE LOS DATOS

Como se ha indicado, nuestra propuesta, la NONET, se ha utilizado en la docencia, durante el primer semestre del curso 2014-15, en la asignatura de VVPS. De los 76 alumnos matriculados en esta asignatura, entre el grupo de mañana (GSM-31) y el de tarde (GST-31), 74 alumnos han rellenado la encuesta, encuesta que se realizó al finalizar el primer semestre. Para motivar la realización de la encuesta se incrementó la nota final con 0.5 puntos, incremento que se ha eliminado a la hora de hacer cualquier análisis de las calificaciones.

De estos 74 alumnos que realizaron la encuesta, aunque la mayoría fueron a clase habitualmente, buena parte de ellos siguieron la asignatura en b-learning, y algunos, bastantes menos, en e-learning.

Los datos recogidos son los que se reflejan en la Tabla 7.3, que se ha representado con colores para facilitar su lectura. En el análisis estadístico se han transpuesto filas y columnas. Las filas de la Tabla corresponden a la valoración de cada una de las cuestiones de la encuesta y las columnas a cada uno de los alumnos.

Tabla 7.3. Datos recogidos de la encuesta.

	ALUMNOS														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
CUESTIONES	1	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4
	2	4	3	5	4	5	4	5	5	5	4	4	4	5	4
	3	4	4	4	3	4	4	5	4	4	2	4	5	4	5
	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	5	5	4	4	3	4	5	5	4	5	2	5	4	3	4
	6	4	2	3	4	4	5	5	3	5	4	5	4	5	4
	7	5	4	3	3	4	4	5	3	5	4	5	4	4	4
	8	5	5	4	5	5	5	5	3	3	4	5	4	4	5
	9	5	5	4	5	4	4	5	4	4	3	4	4	4	4
	10	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4	5	5	5
	11	4	5	4	4	4	4	5	4	5	4	4	4	5	4
	12	4	5	5	4	5	5	5	5	5	4	3	4	5	4
	13	5	3	2	4	4	4	5	5	5	3	4	4	5	4
	14	3	4	3	4	4	4	5	4	3	3	3	4	5	5
	15	4	4	4	3	5	4	5	5	3	3	3	4	5	4
	16	4	4	4	4	4	4	5	5	4	3	3	5	5	4
	17	5	5	5	5	4	5	5	3	5	4	5	5	4	4
	18	5	5	4	4	4	5	5	4	5	4	4	5	4	4
	19	5	5	4	4	5	5	5	4	5	4	4	5	5	5
	20	5	5	4	4	4	5	5	4	5	4	4	5	4	5
	21	5	4	5	4	4	4	5	5	5	3	4	4	5	5
	22	3	4	3	3	5	4	5	4	3	3	4	5	5	4
	23	4	4	4	4	4	5	5	5	4	3	4	5	5	4
	24	4	4	4	4	4	4	5	4	4	3	4	5	5	4

APLICACIÓN DE LA PROPUESTA A LA ENSEÑANZA UNIVERSITARIA Y ANÁLISIS DE
RESULTADOS

		ALUMNOS														
		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
CUESTIONES	1	4	5	4	4	5	5	5	4	4	4	5	5	3	4	5
	2	4	5	3	5	5	5	5	2	3	4	5	5	4	5	5
	3	4	5	4	5	5	5	5	4	3	4	5	5	4	4	5
	4	3	5	4	5	5	5	5	4	3	4	5	5	3	4	5
	5	2	4	4	5	5	4	3	3	5	3	4	5	3	3	4
	6	4	5	4	5	5	5	5	4	5	4	5	4	4	5	4
	7	4	5	4	5	5	4	5	4	3	5	4	5	4	5	5
	8	5	4	4	4	5	5	3	5	5	5	4	4	4	4	5
	9	4	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5
	10	5	5	4	5	5	5	5	5	4	5	5	5	4	5	4
	11	4	4	4	5	5	4	5	4	4	4	5	5	4	4	
	12	4	5	3	4	5	5	5	5	5	4	5	4	3	5	4
	13	4	5	3	4	5	5	5	3	3	4	5	5	3	5	4
	14	4	5	4	5	5	5	4	4	4	5	4	4	4	3	5
	15	3	5	3	5	5	5	5	5	4	5	4	4	3	4	4
	16	4	5	3	5	5	5	5	4	4	4	5	5	3	3	4
	17	3	5	4	5	5	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5
	18	4	4	4	4	5	4	3	5	4	4	5	4	4	4	5
	19	4	5	4	5	5	5	5	5	4	5	5	5	4	4	5
	20	4	4	4	5	5	5	4	5	5	5	5	5	4	4	
	21	4	5	4	4	5	5	5	5	3	5	5	4	3	4	5
	22	1	5	3	3	5	5	4	5	3	4	5	5	3	2	5
	23	4	5	4	4	5	5	5	5	4	4	5	5	3	3	5
	24	5	5	3	5	5	5	5	5	3	4	5	5	3	3	5

APLICACIÓN DE LA PROPUESTA A LA ENSEÑANZA UNIVERSITARIA Y ANÁLISIS DE
RESULTADOS

		ALUMNOS														
		31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
CUESTIONES	1	3	4	5	5	4	4	4	4	3	4	5	5	3	4	3
	2	4	5	4	5	3	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5
	3	5	3	5	5	4	3	3	4	3	3	4	4	4	4	2
	4	4	4	5	5	4	4	4	4	3	3	5	4	4	5	4
	5	3	4	4	5	4	4	4	4	3	3	5	5	4	4	5
	6	4	4	5	5	4	5	4	5	2	4	5	4	5	4	5
	7	4	4	5	5	4	4	4	5	3	4	5	4	4	5	5
	8	5	4	4	5	4	3	4	5	5	4	5	4	3	5	5
	9	5	5	5	5	4	5	5	5	5	3	5	4	5	5	5
	10	4	5	5	5	4	3	3	4	3	2	4	5	5	4	1
	11	4	4	5	5	4	3	4	4	3		5	4	5	5	5
	12	4	4	4	5	4	4	4	4	3	4	5	4	5	4	3
	13	4	4	4	5	4	4	5	5	3	5	5	5	4	4	3
	14	4	4	5	5	4	2	4	3	2	4	5	5	3	4	1
	15	3	5	5	5	3	4	4	4	3	2	5	4	3	5	2
	16	4	4	4	5	4	4	4	4		3	5	4	4	4	3
	17	5	3	4	5	4	4	4	4	5	4	5	5	5	4	5
	18		4	5	5	4	4	4	3	3	3	5	2	5	4	5
	19	4	4	4	3	4	3	5	3	2	5	4	5	5	5	2
	20		4	5	5		4	5	3	3		5	4	5	5	4
	21	4	4	5	5	4	4	4	4	3	3	5	4	5	5	5
	22	4	3	5	5	4	4	4	3	3	2	4	3	3	4	1
	23	5	4	5	5	4	4	4	4	3	3	5	4	4	5	4
	24	5	3	4	5	5	3	4	4	3	3	5	4	5	5	5

APLICACIÓN DE LA PROPUESTA A LA ENSEÑANZA UNIVERSITARIA Y ANÁLISIS DE
RESULTADOS

		ALUMNOS															
		46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	
CUESTIONES	1	3	4	4	4	5	5	4	3	5	4	4	4	5	4	4	
	2	3	3	4	5	5	4	4	3	3	4	3	4	5	4	4	
	3	3	3	4	5	5	5	4	3	4	5	3	4	5	5	5	
	4	3	4	4	4	5	5	4	3	4	4	3	4	5	4	5	
	5	3	4	3	4	5	5	3	3	5	5	4	3	5	4	5	
	6	4	4	5	5	5	5	4	2	5	5	4	2	5	4	5	
	7	4	4	3	5	5	4	4	3	5	5	5	4	5	4	5	
	8	4	5	4	5	5	5	4	4	5	5	5	4	5	4	5	
	9	3	5	4	4	5	5	4	4	5	5	5	4	5	5	5	
	10	3	5	3	5	5	5	4	4	3	5	5	3	5	5	4	
	11	3	4	4	4	5	5	4	3	4	5	5	4	5	4	5	
	12	3	4	4	4	5	5	4	2	4	4	4	4	5	4	5	
	13	3	3	4	5	5	4	4	2	4	4	4	4	5	4	4	
	14	2	3	4	4	5	4	4	2	3	5	4	3	5	5	4	
	15	3	3	5	5	5	5	4	2	4	4	5	3	4	4	5	
	16	3	4	5	4	5	5	4	2	4	4	5	4	5	4	5	
	17	4	5	4	5	5	5	4	3	5	5	5	4	5	5	5	
	18	3	5	4	4	5	4	5	3	4	5	5	4	5	4	5	
	19	2	5	5	5	5	4	4	3	5	5	5	4	5	4	5	
	20		5	5	5	5	5	5	3	5	5	5	4	5	5	5	
	21	2	4	5	4	5	5	5	2	4	4	5	3	5	4	5	
	22	3	3	5	4	4	4	5	1	4	3	5	3	4	4	5	
	23	2	4	5	5	5	5	5	2	5	4	5	3	5	4	5	
	24	2	3	5	4	5	5	5	1	5	4	5	3	5	4	5	

APLICACIÓN DE LA PROPUESTA A LA ENSEÑANZA UNIVERSITARIA Y ANÁLISIS DE
RESULTADOS

		ALUMNOS													
		61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74
CUESTIONES	1	5	5	5	4	3	5	4	5	3	5	4	4	3	4
	2	5	5	5	5	4	5	4	5	4	5	4	4	4	4
	3	4	4	4	5	4	4	4	5	4	5	4	4	4	4
	4	4	5	5	5	4	4	4	5	3		4	4	3	3
	5	4	4	3	3	2	3	5	5	3	4	4	5	3	3
	6	5	5	5	5	4	4	3	5	4	4	4	5	3	5
	7	5	5	4	5	3	4	4	4	3	5	4	4	4	5
	8	4	5	5	5	4	5	5	5	5	4	4	3	3	4
	9	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	4	4	3	5
	10	5	5	5	4	4	3	4	5	4	5	4	4	1	5
	11	4	5	5	5	4	4	4	5	4	4	4	4	3	4
	12	5	5	5	5	3	4	4	5	4	5	4	4	3	4
	13	5	4	5	4	4	5	5	5	3	5	4	4	4	5
	14	3	5	4	5	3	3	4	5	4	4	4	4	3	5
	15	3	4	5	4	3	4	5	5	4	5	4	4	3	4
	16	4	5	5	5	3	4	5	5	4	5	4	4	3	5
	17	5	5	5	3	4	5	4	5	5	4	4	5	3	5
	18	4	5	5	5	4	5	5	5	4	5	4	4	3	4
	19	4	3	5	5	4	5	5	5	4	4	4	5	3	5
	20	5		5	5	4	5	5		4	4	4	4	3	5
	21	5	5	4	5	3	4	4	5	4	5	4	4	3	5
	22	4	4	2	5	4	4	4	5	2	4	4	3	3	5
	23	5	5	4	5	4	4	5	5	4	5	4	4	4	4
	24	5	5	4	5	4	4	3	5	3	5	4	4	3	4

7.1.2. ANÁLISIS UNIDIMENSIONAL DE LAS CUESTIONES

Tras recopilar las valoraciones para cada cuestión en las encuestas, realizaremos el análisis unidimensional de las cuestiones, para lo cual calcularemos la media estadística $\bar{x}$ y la desviación típica σ de cada una de las cuestiones, obteniéndose $\bar{x}$ con la fórmula siguiente:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^k x_i n_i$$

donde n_i es la frecuencia absoluta y σ , al estar definida como la raíz cuadrada de la varianza, se calcula con la siguiente fórmula:

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^k \frac{(x_i - \bar{x})^2 n_i}{N}}$$

Para facilitar la lectura de los valores estadísticos, las representaciones gráficas se realizarán en los mismos colores en que se formularon las cuestiones de cada sección. El análisis se realizará para las 24 cuestiones, y la población está compuesta de 74 individuos.

Para cada cuestión se realizarán las siguientes representaciones:

- el diagrama de frecuencias absolutas;
- el Box-Plot o Diagrama de Caja, que incluirá Q_1 (cuartil 1), Me (mediana), Q_3 (cuartil 3) y la media aritmética, referenciada mediante un cuadrado;
- la moda(s), la mediana y la media como medidas de tendencia central, y la desviación típica como medida de dispersión, representada ésta última en relación a la media.

A continuación se realiza el mencionado análisis para cada una de las cuestiones:

1	Representar los contenidos en forma de red ayuda a entender mejor la asignatura
---	--

Fig. 7.2. Diagrama de barras de frecuencias absolutas de c_1 .

Fig. 7.3. Boxplot de c_1 .

Fig. 7.4. Representación de medidas centrales y de dispersión de c_1 .

2	Explicar un pequeño resumen del tema (nodos de nivel 0) y luego explicarlo en detalle (nodos de nivel 1) ayuda a entender los contenidos del tema
---	--

Fig. 7.5. Diagrama de barras de frecuencias absolutas de c_2 .

Fig. 7.6. Boxplot de c_2 .

Fig. 7.7. Representación de medidas centrales y de dispersión de c_2 .

3	Los contenidos parecen fiables ya que están explicados por expertos (ya sea R.G. Pressman, el profesor, alumnos, u otros autores que se citan en los apuntes)
---	--

Fig. 7.8. Diagrama de barras de frecuencias absolutas de c_3 .

Fig. 7.9. Boxplot de c_3 .

Fig. 7.10. Representación de medidas centrales y de dispersión de c_3 .

4	En general, estoy satisfecho con la HERRAMIENTA
---	--

Fig. 7.11. Diagrama de barras de frecuencias absolutas de c_4 .

Fig. 7.12. Boxplot de c_4 .

Fig. 7.13. Representación de medidas centrales y de dispersión de c_4 .

5	Es fácil entender que se usa una línea discontinua para relacionar temas que se complementan, y que se usa una flecha para descomponer un tema en otros
---	--

Fig. 7.14. Diagrama de barras de frecuencias absolutas de c_5 .

Fig. 7.15. Boxplot de c_5 .

Fig. 7.16. Representación de medidas centrales y de dispersión de c_5 .

6	Es fácil comprender que cuando hay un nodo encima de otro, el de más arriba es más básico, y el de más abajo explica más en detalle los contenidos
---	---

Fig. 7.17. Diagrama de barras de frecuencias absolutas de c_6 .

Fig. 7.18. Boxplot de c_6 .

Fig. 7.19. Representación de medidas centrales y de dispersión de c_6 .

7	Entender que hay diferentes niveles en el “mapa de contenidos” resulta fácil porque coloreamos los nodos, por ejemplo, de nivel 0 con un mismo color, y los de nivel 1, con otro color
---	--

Fig. 7.20. Diagrama de barras de frecuencias absolutas de c_7 .

Fig. 7.21. Boxplot de c_7 .

Fig. 7.22. Representación de medidas centrales y de dispersión de c_7 .

8 **Comprender** dónde estamos en el “mapa de contenidos” **es fácil** porque utilizamos una flecha roja para indicarlo

Fig. 7.23. Diagrama de barras de frecuencias absolutas de c_8 .

Fig. 7.24. Boxplot de c_8 .

Fig. 7.25. Representación de medidas centrales y de dispersión de c_8 .

9	Cuando estamos en PowerPoint, en modo “presentación con diapositivas”, y movemos el ratón por la pantalla, y aparece una mano sobre los hipervínculos de los nodos, resulta fácil entender que , al pinchar en uno de los nodos, iremos al tema correspondiente
---	--

Fig. 7.26. Diagrama de barras de frecuencias absolutas de c_9 .

Fig. 7.27. Boxplot de c_9 .

Fig. 7.28. Representación de medidas centrales y de dispersión de c_9 .

10	Citar en los apuntes quiénes son los autores de los contenidos (de los apuntes, de los manuales, de los videos) da la sensación de que los contenidos son fiables
----	---

Fig. 7.29. Diagrama de barras de frecuencias absolutas de c_{10} .

Fig. 7.30. Boxplot de c_{10} .

Fig. 7.31. Representación de medidas centrales y de dispersión de c_{10} .

11	En general, estoy satisfecho con la INTERFAZ DE USUARIO
----	--

Fig. 7.32. Diagrama de barras de frecuencias absolutas de c_{11} .

Fig. 7.33. Boxplot de c_{11} .

Fig. 7.34. Representación de medidas centrales y de dispersión de c_{11} .

12	Esta forma de representar los contenidos de una asignatura, en forma de red, facilita entender las relaciones entre los temas, y por tanto aprender los contenidos de la asignatura
----	---

Fig. 7.35. Diagrama de barras de frecuencias absolutas de c_{12} .

Fig. 7.36. Boxplot de c_{12} .

Fig. 7.37. Representación de medidas centrales y de dispersión de c_{12} .

13	Que los contenidos tengan distintos niveles de detalle (un nivel 0 básico, un nivel 1 avanzado) facilita el aprendizaje de los contenidos
----	--

Fig. 7.38. Diagrama de barras de frecuencias absolutas de c_{13} .

Fig. 7.39. Boxplot de c_{13} .

Fig. 7.40. Representación de medidas centrales y de dispersión de c_{13} .

14	Que aparezca el nombre del profesor que ha hecho los apuntes, el autor del libro del que se han extraído, el nombre de los alumnos que han hecho los tutoriales o videotutoriales, da tranquilidad a la hora de seguir los apuntes, y por tanto de aprender lo que en ellos se explica
----	--

Fig. 7.41. Diagrama de barras de frecuencias absolutas de c_{14} .

Fig. 7.42. Boxplot de c_{14} .

Fig. 7.43. Representación de medidas centrales y de dispersión de c_{14} .

15	Usar esta forma de representar los contenidos mejora mi productividad (el “esfuerzo” que tengo que hacer para entender el “mapa de contenido” es poco en comparación con el beneficio que obtengo)
----	---

Fig. 7.44. Diagrama de barras de frecuencias absolutas de c_{15} .

Fig. 7.45. Boxplot de c_{15} .

Fig. 7.46. Representación de medidas centrales y de dispersión de c_{15} .

16	En general, pienso que, utilizar esta representación de los contenidos mejora mi aprendizaje.
----	--

Fig. 7.47. Diagrama de barras de frecuencias absolutas de c_{16} .

Fig. 7.48. Boxplot de c_{16} .

Fig. 7.49. Representación de medidas centrales y de dispersión de c_{16} .

17	El hecho de incluir, en el mapa, la “ leyenda ” explicativa de los símbolos utilizados, facilita el uso de la herramienta
----	---

Fig. 7.50. Diagrama de barras de frecuencias absolutas de c_{17} .

Fig. 7.51. Boxplot de c_{17} .

Fig. 7.52. Representación de medidas centrales y de dispersión de c_{17} .

18	Moverme por los diferentes nodos y niveles que representan los contenidos me resulta fácil
----	---

Fig. 7.53. Diagrama de barras de frecuencias absolutas de c_{18} .

Fig. 7.54. Boxplot de c_{18} .

Fig. 7.55. Representación de medidas centrales y de dispersión de c_{18} .

19	Encuentro la herramienta flexible (se podría adaptar a otras asignaturas, se podrían incluir tantos niveles como quisiéramos, etc.)
----	--

Fig. 7.56. Diagrama de barras de frecuencias absolutas de c_{19} .

Fig. 7.57. Boxplot de c_{19} .

Fig. 7.58. Representación de medidas centrales y de dispersión de c_{19} .

20	En general, la herramienta es fácil de usar
----	--

Fig. 7.59. Diagrama de barras de frecuencias absolutas de c_{20} .

Fig. 7.60. Boxplot de c_{20} .

Fig. 7.61. Representación de medidas centrales y de dispersión de c_{20} .

21	Si tuviera que volver a cursar esta asignatura, lo cual espero que no sea necesario, utilizaría de nuevo esta herramienta
----	--

Fig. 7.62. Diagrama de barras de frecuencias absolutas de c_{21} .

Fig. 7.63. Boxplot de c_{21} .

Fig. 7.64. Representación de medidas centrales y de dispersión de c_{21} .

22	Una vez conocida esta forma de representar los contenidos, no veo necesario volver a la forma habitual en que se representan los contenidos (tema 1, tema 2 ..., representados linealmente, sin grafos ... y sin niveles)
----	--

Fig. 7.65. Diagrama de barras de frecuencias absolutas de c_{22} .

Fig. 7.66. Boxplot de c_{22} .

Fig. 7.67. Representación de medidas centrales y de dispersión de c_{22} .

23	Recomendaría el uso de esta herramienta a los compañeros del próximo curso, entre los que espero no estar
----	---

Fig. 7.68. Diagrama de barras de frecuencias absolutas de c_{23} .

Fig. 7.69. Boxplot de c_{23} .

Fig. 7.70. Representación de medidas centrales y de dispersión de c_{23} .

24	Me gustaría que otras asignaturas usaran esta herramienta para representar sus contenidos
----	--

Fig. 7.71. Diagrama de barras de frecuencias absolutas de c_{24} .

Fig. 7.72. Boxplot de c_{24} .

Fig. 7.73. Representación de medidas centrales y de dispersión de c₂₄.

7.1.2.1. CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS UNIDIMENSIONAL DE LAS CUESTIONES

Aunque los diagramas de barras de las frecuencias absolutas sean asimétricos, de la interpretación de los boxplot se infiere que las medias aritméticas son representativas.

Tras obtener las medias estadísticas y las desviaciones típicas de cada una de las cuestiones, calcularemos ahora la media promedio de todas las cuestiones. El cálculo de la media aritmética de las medias estadísticas de cada una de las 24 cuestiones nos da un valor de 4.24 (Figura 7.74).

Fig. 7.74. Representación de la media promedio.

Esta media promedio, con un valor de 4.24, es indicativa de la aceptación de nuestra propuesta, que alcanza un valor más que satisfactorio, que queda más evidente si normalizamos los resultados usando la “tasa de aceptación”, cuya fórmula señalamos a continuación:

$$\text{tasa de aceptación} = \frac{4.24 - \text{límite inferior}}{\text{límite superior} - \text{límite inferior}} \times 100\% = 81\%$$

con límite inferior= 1 y límite superior=5.

Para analizar con más concreción los resultados, representaremos conjuntamente las medias estadísticas de las cuestiones y la media promedio de las 24 medias estadísticas (Figura 7.75). Identificaremos dicha media promedio por una línea horizontal que delimitará las medias estadísticas que están por debajo de dicha media promedio.

Fig. 7.75. Diagrama de barras de las medias estadísticas y representación de la media promedio.

Como se observa en la Figura 7.75, aunque la mayoría de las medias estadísticas están por encima de la media promedio, existen tres de ellas que son significativamente inferiores a la media promedio y a las demás medias estadísticas, en concreto las medias de las cuestiones c_5 , c_{14} y c_{22} . Es por ello, que pasaremos a analizar en detalle estas cuestiones:

a) En primer lugar, analizaremos los resultados para la cuestión c_5 .

5	Es fácil entender que se usa una línea discontinua para relacionar temas que se complementan, y que se usa una flecha para descomponer un tema en otros
---	--

Fig. 7.76 Representación de μ_5 y de σ_5 .

Para mejorar la media de esta cuestión (Figura 7.76), se deberían cambiar la línea discontinua y la flecha que se utilizan para representa la relación entre contenidos. Una posible solución, que habría que comprobar, sería seguir utilizando una línea, discontinua o no, para aquellos contenidos que se complementan, y en cambio utilizar una línea doble para aquellos contenidos que se desglosan en otros.

b) En segundo lugar, realizaremos el análisis de la cuestión c_{22} .

22	Una vez conocida esta forma de representar los contenidos, no veo necesario volver a la forma habitual en que se representan los contenidos (tema 1, tema 2 ..., representados linealmente, sin grafos ... y sin niveles)
----	--

Fig. 7.77. Representación de μ_{22} y σ_{22} .

La media de 3.78 (Figura 7.77) no indica que deba descartarse el utilizar varios niveles de profundidad para cada contenido, sino que puede ser un complemento a la enseñanza tradicional.

- c) En último lugar, realizaremos el análisis de la cuestión c_{14} , que es el más complejo.

14	Que aparezca el nombre del profesor que ha hecho los apuntes, el autor del libro del que se han extraído, el nombre de los alumnos que han hecho los tutoriales o videotutoriales, da tranquilidad a la hora de seguir los apuntes, y por tanto de aprender lo que en ellos se explica
----	--

Fig. 7.78. Representación de μ_{14} y σ_{14} .

En principio la media obtenida en esta cuestión (Figura 7.78) podría hacer plantearnos que la propuesta de que los contenidos estén refrendados por expertos, no es una idea con la suficiente aceptación.

Pero si analizamos las medias obtenidas para otras cuestiones relacionadas con esta idea (c_3 y c_{10}), la interpretación es distinta. Analizaremos primero c_3 y a continuación c_{10} .

3	Los contenidos parecen fiables ya que están explicados por expertos (ya sea R.G. Pressman, el profesor, alumnos, u otros autores que se citan en los apuntes)
---	--

Fig. 7.79. Representación de μ_3 y σ_3 .

En esta cuestión, relacionada con el protagonismo de los expertos, la media estadística (Figura 7.79) es suficientemente aceptable.

10	Citar en los apuntes quiénes son los autores de los contenidos (de los apuntes, de los manuales, de los videos) da la sensación de que los contenidos son fiables
----	---

En esta otra cuestión, relacionada también con la participación de expertos, la media estadística (Figura 7.80) también es aceptable.

Fig. 7.80. Representación de μ_{10} y σ_{10} .

Según los resultados de estas dos cuestiones c_3 y c_{10} , la idea de que los contenidos vayan refrendados por expertos es adecuada. La cuestión c_{14} , tiene unos resultados que en principio parecen contradictorios con los de estas dos cuestiones, pero lo que ocurre realmente es que en la redacción de la cuestión se infiere que con contenidos fiables, el aprendizaje va a ser más fácil, lo cual no es necesariamente así. En conclusión los resultados de c_{14} , estarían contaminados pero los de c_3 y c_{10} , validan la cuestión c_{14} .

Una vez terminado el análisis de las cuestiones con valores más bajos, c_5 , c_{22} y c_{14} , se concluye que en realidad no lo son tanto, con lo que las restantes medias estadísticas, que ya de por sí tenían unos valores bastante elevados, cobran protagonismo.

7.1.3. ANÁLISIS BIDIMENSIONAL INTRACUESTIONES

Dentro de cada sección del modelo TAM existen varias cuestiones, finalizadas en una cuestión resumen de la sección. En este apartado vamos a analizar, sección por sección, cómo influyen los resultados de cada una de las preguntas en la cuestión resumen, lo cual constituye una aportación a esta tesis en lo que respecta a la aplicación del modelo TAM.

Para cada sección, estudiaremos la correlación de cada una de sus cuestiones con la cuestión resumen de su sección, denominando a este análisis bidimensional como “análisis bidimensional intracuestiones”. Al análisis de las correlaciones entre las cuestiones resumen de cada sección lo denominaremos “análisis bidimensional intercuestiones”.

Realizaremos el cálculo del coeficiente de correlación, definido por la fórmula siguiente:

$$r_{xy} = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y}$$

donde σ_{xy} es la covarianza, especificada con esta fórmula:

$$\sigma_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{N} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i y_i}{N} - \bar{x}\bar{y}$$

y σ_x la desviación típica, o raíz cuadrada de la varianza, cuya fórmula se indicó anteriormente.

En nuestro caso, el cálculo de la correlación entre las cuestiones de la sección y la cuestión resumen de la sección se representará de la siguiente forma:

$$r_{ij} = \frac{\sigma_{ij}}{\sigma_i \sigma_j}$$

donde c_i es la cuestión de la sección y c_j la cuestión resumen.

En lo relativo a la correspondencia entre los valores y los tipos y grados de correlación adoptaremos los criterios reflejados en la Tabla 7.4, que establecen un nivel

de exigencia aceptable en el etiquetado de la correlación débil ($-0,5 \leq r < 0$ y $0 < r \leq 0,5$).

Tabla 7.4. Correspondencia entre valor de la correlación y el tipo y grado de correlación.

Valor de r	Tipo y Grado de Correlación
-1	Negativa perfecta
$-1 < r \leq -0,8$	Negativa fuerte
$-0,8 < r < -0,5$	Negativa moderada
$-0,5 \leq r < 0$	Negativa débil
0	No existe
$0 < r \leq 0,5$	Positiva débil
$0,5 < r < 0,8$	Positiva moderada
$0,8 \leq r < 1$	Positiva fuerte
1	Positiva perfecta

7.1.3.1. REPRESENTACIÓN DE LA CORRELACIÓN Y UTILIZACIÓN DE TINTAS HIPSOMÉTRICAS

Una vez calculadas las correlaciones y para facilitar su análisis, las representaremos gráficamente mediante lo que hemos denominado “diagrama de correlación”, diagrama que refleja las variables y el valor de dicha correlación (Figura 7.81).

Fig. 7.81. Diagrama de correlación.

Anteriormente hemos hablado de la utilización de las tintas hipsométricas en topografía y de su utilización como herramienta para la interpretación de los resultados, aspecto del que nos ocupamos en este apartado. Las tintas hipsométricas se aplicarán en el diagrama de correlaciones, para lo que hay que definir previamente los intervalos y posteriormente elegir las gamas de color correspondientes a dichos intervalos.

Los intervalos se elegirán de manera que se diferencie una correlación débil de una correlación moderada o fuerte, resultando un método que hemos denominado de “progresión geométrica inversa” para selección de intervalos, geométrica porque existe un factor multiplicativo e inversa porque el coeficiente es menor que la unidad, apareciendo decrementos en lugar de incrementos (Tabla 7.5).

Puesto que, en la práctica, nunca se obtiene ni una correlación perfecta ni una ausencia total de correlación, hemos eliminado de la Tabla ambos tipos de correlación.

Tabla 7.5. Análisis de los intervalos.

Límites de correlación	Escalones	Decremento
$0,8 \leq r < 1$	0,2	$0,1 = \frac{1}{2} \times$
$0,5 < r < 0,8$	0,3	$0,2 = \frac{2}{5} \times$
$0 < r \leq 0,5$	0,5	0,5

Una vez fijados los intervalos, consideraremos los siguientes requisitos a la hora de elegir las gamas de colores:

- La correlación moderada o fuerte deberían tener colores parecidos, por lo que se emplearán para representarlas diferentes tonalidades de un mismo color.
- El color de la correlación débil debería diferenciarse claramente de los colores de la correlación moderada o fuerte.
- No será necesario evitar los colores oscuros en las zonas altas, puesto que no se trata de representar relieves.
- Sería recomendable utilizar la gama de color tradicional o alguna de sus variantes.

El resultado de la elección es la utilización de colores de la gama del marrón y del verde, concurrente en la gama tradicional, tal y como se refleja en la Tabla 7.6.

Tabla 7.6. Representación mediante tintas hipsométricas del grado de correlación.

Valor de r	Tipo y Grado de Correlación	Color Representando el Grado de Correlación	Color
1	Positiva perfecta	Marrón oscuro
$0,8 \leq r < 1$	Positiva fuerte	Marrón medio
$0,5 < r < 0,8$	Positiva moderada	Siena
$0 < r \leq 0,5$	Positiva débil	Verde claro
0	No existe	Verde oscuro
$-0,5 \leq r < 0$	Negativa débil	Verde claro
$-0,8 < r < -0,5$	Negativa moderada	Siena
$-1 < r \leq -0,8$	Negativa fuerte	Marrón medio
-1	Negativa perfecta	Marrón oscuro

Como se observa en la Tabla 7.6, la correlación nula o débil, se representan con verdes en distintas tonalidades, que son claramente diferenciables de los marrones elegidos para las correlaciones moderada, fuerte o perfecta. Por otra parte, la elección de colores también resulta muy cercana a los de la gama tradicional, lo que hace más fácil su interpretación. No se ha diferenciado entre correlaciones negativas y positivas para no incrementar innecesariamente los colores a usar y porque realmente lo que nos interesa es destacar la existencia o no de correlación, no el tipo de ésta.

La representación del grado de correlación mediante tintas hipsométricas posibilita su aplicación al diagrama de correlaciones. En la Figura 7.82 se representan los diagramas de correlación correspondientes a cada uno de los grados.

Fig. 7.82. Aplicación de las tintas hipsométricas al diagrama de correlación.

La utilización de tintas hipsométricas para representar los grados de correlación favorece la aparición de otra forma de representación de las correlaciones, que hemos denominado “diagramas de barras piramidales hipsométricos”, que posibilita la interpretación de las correlaciones en el espacio tridimensional.

El valor de cada correlación se representará mediante un diagrama de barras piramidal, estando dicha pirámide integrada por distintas secciones y coloreándose cada sección con la tinta hipsométrica correspondiente de la Tabla 7.7.

Tabla 7.7. Correspondencia entre correlaciones positivas y color hipsométrico.

Valor de r	Grado de Correlación	Color
1	Positiva perfecta	
$0,8 \leq r < 1$	Positiva fuerte	
$0,5 < r < 0,8$	Positiva moderada	
$0 < r \leq 0,5$	Positiva débil	
0	No existe	

En la siguiente Figura 7.83, a modo de ejemplo, se representan distintos valores de correlación mediante diagramas de barras piramidales hipsométricos, que reflejan cómo se colorean las distintas secciones de la pirámide dependiendo del valor de la correlación a representar.

Fig. 7.83. Representación mediante diagramas de barras piramidales hipsométricos de la correlación.

En la Figura 7.83, se han representado correlaciones con valores coincidentes con los límites del grado de correlación ($r=0,0$, $r=0,50$, $r=0,80$, $r=1$) y valores intermedios de correlaciones ($r=0,35$, $r=0,65$, $r=0,95$).

En los siguientes apartados utilizaremos ambas formas de representación de las correlaciones: diagramas con tintas hipsométricas e diagramas de barras piramidales hipsométricos.

7.1.3.2. CÁLCULO Y ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES INTRACUESTIONES

Una vez explicado cómo se van a calcular las correlaciones entre las cuestiones de cada sección y la cuestión resumen, y cómo representaremos las correlaciones, realizaremos su cálculo, su representación, y en definitiva su análisis.

La aplicación del diagrama de correlación, anteriormente expuesto, a todas las cuestiones de una sección, genera el “diagrama de correlaciones de la sección” (Figura 7.84), gracias al cual se podrán comparar las correlaciones de la sección.

Fig. 7.84. Diagrama de correlaciones de una sección.

- a) En primer lugar haremos el análisis de correlación entre las cuestiones de la sección Diseño de la Herramienta, reflejado en el diagrama de correlaciones correspondiente (Figura 7.85).

Fig. 7.85. Diagrama de correlaciones de la sección Diseño de la Herramienta.

Para cada una de las cuestiones de la sección Diseño de la Herramienta, se representa mediante gráficos de dispersión (Figura 7.86 a Figura 7.88), la correlación de la cuestión con la cuestión resumen de la sección.

Fig. 7.86. Gráfico de dispersión de la correlación entre la cuestión 1 (eje X), de la sección Diseño de la Herramienta, y la cuestión 4 (eje Y), resumen de la sección.

Fig. 7.87. Gráfico de dispersión de la correlación entre la cuestión 2 (eje X), de la sección Diseño de la Herramienta, y la cuestión 4 (eje Y), resumen de la sección.

Fig. 7.88. Gráfico de dispersión de correlación entre la cuestión 3 (eje X), de la sección Diseño de la Herramienta, y la cuestión 4 (eje Y), resumen de la sección.

Una vez que tenemos representados los gráficos de dispersión para cada una de las correlaciones, representaremos los resultados en el diagrama de correlación hipsométrico correspondiente a la sección Diseño de la Herramienta (Figura 7.89).

Fig. 7.89. Diagrama de correlación con tintas hipsométricas de la sección Diseño de la Herramienta.

Esta representación hipsométrica, se complementa con la representación tridimensional de las correlaciones mediante el diagrama de barras piramidal hipsométrico correspondiente de la sección (Figura 7.90).

Fig. 7.90. Diagrama de barras piramidal hipsométrico de las correlaciones de la sección Diseño de la Herramienta.

Las correlaciones entre las cuestiones de la sección y la cuestión resumen de la sección, están comprendidas en el intervalo (0.5, 0.8), son correlaciones positivas de grado moderado, y por tanto aceptables.

- b) Una vez representadas las correlaciones de la sección Diseño de la Herramienta, pasaremos a analizar la sección Diseño de la Interfaz de Usuario, correlaciones que se reflejan en el diagrama de correlaciones de la sección Diseño de la Interfaz de Usuario (Figura 7.91).

Fig. 7.91. Diagrama de correlaciones de la sección Diseño de la Interfaz de Usuario

Representaremos mediante gráficos de dispersión (Figura 7.92 a Figura 7.97) la correlación de las cuestiones de la sección Diseño de la Interfaz de Usuario con la cuestión resumen de dicha sección.

Fig. 7.92. Gráfico de dispersión de la correlación entre la cuestión 5 (eje X), de la sección Diseño de la Interfaz de Usuario, y la cuestión 11 (eje Y), resumen de la sección.

Fig. 7.93. Gráfico de dispersión de la correlación entre la cuestión 6 (eje X), de la sección Diseño de la Interfaz de Usuario, y la cuestión 11 (eje Y), resumen de la sección.

Fig. 7.94. Gráfico de dispersión de la correlación entre la cuestión 7 (eje X), de la sección Diseño de la Interfaz de Usuario, y la cuestión 11 (eje Y), resumen de la sección.

Fig. 7.95. Gráfico de dispersión de la correlación entre la cuestión 8 (eje X), de la sección Diseño de la Interfaz de Usuario, y la cuestión 11 (eje Y), resumen de la sección.

Fig. 7.96. Gráfico de dispersión de la correlación entre la cuestión 9 (eje X), de la sección Diseño de la Interfaz de Usuario, y la cuestión 11 (eje Y), resumen de la sección.

Fig. 7.97. Gráfico de dispersión de la correlación entre la cuestión 10 (eje X), de la sección Diseño de la Interfaz de Usuario, y la cuestión 11 (eje Y), resumen de la sección.

Tras representar las correlaciones mediante gráficos de dispersión, lo haremos mediante diagramas de correlación hipsométricos (Figura 7.98) y mediante diagramas de barras piramidales hipsométricos (Figura 7.99).

Fig. 7.98. Diagrama de correlación con tintas hipsométricas de la sección Diseño de la Interfaz de Usuario.

Fig. 7.99. Diagrama de barras piramidal hipsométrico de las correlaciones de la sección Diseño de la Interfaz de Usuario.

Casi todas las correlaciones de la sección están por debajo de 0.5, es decir son débiles. Solo existe una correlación que esté por encima de 0.5, y que por lo tanto represente una correlación moderada.

- c) A continuación, analizaremos las correlaciones de la sección Utilidad Percibida, reflejadas en el diagrama de correlaciones correspondiente de la sección (Figura 7.100).

Fig. 7.100. Diagrama de correlaciones de la sección Utilidad Percibida.

Mediante gráficos de dispersión (Figura 7.101 a Figura 7.104) representaremos la correlación de las cuestiones de la siguiente sección, Diseño de la Interfaz de Usuario, con la cuestión resumen de la sección.

Fig. 7.101. Gráfico de dispersión de la correlación entre la cuestión 12 (eje X), de la sección Utilidad Percibida, y la cuestión 16 (eje Y), resumen de la sección.

Fig. 7.102. Gráfico de dispersión de la correlación entre la cuestión 13 (eje X), de la sección Utilidad Percibida, y la cuestión 16 (eje Y), resumen de la sección.

Fig. 7.103. Gráfico de dispersión de la correlación entre la cuestión 14 (eje X), de la sección Utilidad Percibida, y la cuestión 16 (eje Y), resumen de la sección.

Fig. 7.104. Gráfico de dispersión de la correlación entre la cuestión 15 (eje X), de la sección Utilidad Percibida, y la cuestión 16 (eje Y), resumen de la sección.

A continuación, agruparemos estos valores de las correlaciones en el diagrama de correlación hipsométrico de la sección (Figura 7.105).

Fig. 7.105. Diagrama de correlación con tintas hipsométricas de la sección Utilidad Percibida.

Diagrama de correlación, que se complementa con la representación hipsométrica tridimensional de las correlaciones de la sección (Figura 7.106).

Fig. 7.106. Diagrama de barras piramidal hipsométrico de las correlaciones de la sección Utilidad Percibida.

Todas las correlaciones están por encima de 0.50, son correlaciones de grado moderado, estando alguna de ellas próxima a la correlación fuerte.

- d) A continuación analizaremos las correlaciones de la sección Facilidad de Uso Percibida. Para ello primero haremos el cálculo de las correlaciones, después las representaremos y por último extraeremos las conclusiones del análisis. El diagrama de correlaciones de esta sección, cuyos valores vamos a calcular, se representa en la Figura 7.107.

Fig. 7.107. Diagrama de correlaciones de la sección Facilidad de Uso Percibida.

En primer lugar representaremos mediante gráficos de dispersión (Figura 7.108 a 7.110) la correlación de las cuestiones de la sección Facilidad de Uso Percibida con la cuestión resumen de dicha sección.

Fig. 7.108. Gráfico de dispersión de la correlación entre la cuestión 17 (eje X), de la sección Facilidad de Uso Percibida, y la cuestión 20 (eje Y), resumen de la sección.

Fig. 7.109. Gráfico de dispersión de la correlación entre la cuestión 18 (eje X), de la sección Facilidad de Uso Percibida, y la cuestión 20 (eje Y), resumen de la sección.

Fig. 7.110. Gráfico de dispersión de la correlación entre la cuestión 19 (eje X), de la sección Facilidad de Uso Percibida, y la cuestión 20 (eje Y), resumen de la sección.

Una vez calculadas las correlaciones, las representaremos en el diagrama de correlación hipsométrico de la sección (Figura 7.111) y en el correspondiente diagrama de barras piramidal hipsométrico (Figura 7.112).

Fig. 7.111. Diagrama de correlación con tintas hipsométricas de la sección Facilidad de Uso Percibida.

Fig. 7.112. Diagrama de barras piramidal hipsométrico de las correlaciones de la sección Facilidad de Uso Percibida.

Una de las correlaciones está por debajo de 0.5, es decir es una correlación de grado débil, mientras que las demás son correlaciones claramente moderadas.

- e) Y por último realizaremos el análisis de las correlaciones de la sección Intención de Uso, considerando las relaciones del diagrama de correlación de la sección (Figura 7.113).

Fig. 7.113. Diagrama de correlación de la sección Intención de Uso.

Las correlaciones de las cuestiones de la sección, tras calcularse, se representan en las Figuras 7.114 a 7.116.

Fig. 7.114. Gráfico de dispersión de la correlación entre la cuestión 21 (eje X), de la sección Intención de Uso, y la cuestión 24 (eje Y), resumen de la sección.

Fig. 7.115. Gráfico de dispersión de la correlación entre la cuestión 22 (eje X), de la sección Intención de Uso, y la cuestión 24 (eje Y), resumen de la sección.

Fig. 7.116. Gráfico de dispersión de la correlación entre la cuestión 23 (eje X), de la sección Intención de Uso, y la cuestión 24 (eje Y), resumen de la sección.

En la Figura 7.117 se agrupan las correlaciones calculadas, representándolas en el diagrama de correlación hipsométrico de la sección.

Fig. 7.117. Diagrama de correlación con tintas hipsométricas de la sección Intención de Uso.

Correlaciones que se representan tridimensional e hipsométricamente mediante el diagrama de barras piramidal de la sección (Figura 7.118).

Fig. 7.118. Diagrama de barras piramidal hipsométrico de las correlaciones de la sección Intención de Uso.

En esta sección encontramos un par correlaciones moderadas, aunque una de ellas con valores cercanos a la correlación fuerte, y una tercera correlación de grado fuerte puesto que alcanza el intervalo [0.8, 1.0).

7.1.3.3. CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS BIDIMENSIONAL INTRACUESTIONES

Puesto que no hemos considerado relevantes las correlaciones débiles, a diferencia de las moderadas o fuertes, que sí que ya son importantes, en el anterior apartado nos hemos centrado en detectar estas correlaciones débiles.

Aunque en la mayoría de las secciones el grado de las correlaciones fue moderada, en las cuestiones de la sección Diseño de la Interfaz de Usuario, casi todas las cuestiones resultaron tener una correlación débil con la cuestión resumen de la sección, y lo mismo ocurrió con una de las cuestiones de la sección Facilidad de Uso Percibida. Por este motivo hemos eliminado dichas cuestiones de los correspondientes diagramas de correlación hipsométricos resultando unos diagramas simplificados (Figura 7.119 y Figura 7.120).

Fig. 7.119. Diagrama de correlación simplificado con tintas hipsométricas de la sección Diseño de la Interfaz de Usuario.

Fig. 7.120. Diagrama de correlación simplificado con tintas hipsométricas de la sección Facilidad de Uso Percibida.

Estos diagramas simplificados, junto a los de las secciones que no tenían correlaciones débiles, se pueden representar en un diagrama de intracorrelaciones hipsométricas que refleja las intracorrelaciones moderadas o fuertes correspondientes al modelo TAM (Figura 7.121).

Fig. 7.121. Diagrama de intracorrelaciones con tintas hipsométricas en el modelo TAM.

En el análisis unidimensional de las cuestiones hemos analizado las cuestiones c₅, c₁₄ y c₂₂, concluyendo que para mejorar los resultados de la cuestión c₅ había que realizar alguna rectificación en la representación gráfica utilizada en la NONET, mientras que los resultados de las cuestiones c₁₄ y c₂₂, aunque con matices, eran correctos. Es por ello que el diagrama de intracorrelaciones (Figura 7.121), al eliminarse c₅, no entra en conflicto con las conclusiones del análisis unidimensional de las cuestiones.

7.1.4. ANÁLISIS BIDIMENSIONAL INTERCUESTIONES

En el apartado anterior hemos visto el análisis intracuestiones, es decir, las correlaciones entre las cuestiones de cada sección y la cuestión resumen de su sección. En este apartado analizaremos las intercorrelaciones, o sea, las correlaciones exclusivamente entre las cuestiones resumen (c₄, c₁₁, c₁₆, c₂₀ y c₂₄) de las secciones del modelo TAM. En el diagrama de intercorrelaciones de la Figura 7.122 se representan estas relaciones, que nos orientan en el cálculo de las correlaciones.

Fig. 7.122. Diagrama de intercorrelaciones en el modelo TAM.

Pero en este diagrama, y como aportación a la tesis, consideraremos todas las relaciones potenciales entre cualquier par de secciones, lo que nos generará un diagrama de intercorrelaciones con más relaciones, y por tanto con más correlaciones a analizar (Figura 7.123). Para diferenciar las relaciones habituales del modelo TAM de las que ahora van a aparecer al extender dichas relaciones, representaremos las correlaciones habituales con línea continua y las extendidas mediante líneas discontinuas.

Fig. 7.123. Diagrama extendido de intercorrelaciones en el modelo TAM.

7.1.4.1. CÁLCULO Y ANÁLISIS DE LAS CORRELACIONES INTERCUESTIONES

Para el análisis intercuestiones, calcularemos las correlaciones entre las cuestiones resumen (c4, c11, c16, c20 y c24) de las secciones, tomando como referencia el diagrama de intercorrelaciones extendido de la Figura 7.123.

En primer lugar calcularemos las correlaciones y las representaremos mediante gráficos de dispersión, para después representar los cálculos realizados en el diagrama de intercorrelaciones hipsométrico extendido.

Fig. 7.124. Gráfico de dispersión la correlación entre la cuestión 4 (eje X), resumen de la sección Diseño de la Herramienta, y la cuestión 11 (eje Y), resumen de la sección Diseño de la Interfaz de Usuario.

Fig. 7.125. Gráfico de dispersión de la correlación entre la cuestión 4 (eje X), resumen de la sección Diseño de la Herramienta, y la cuestión 16 (eje Y), resumen de la sección Utilidad Percibida.

Fig. 7.126. Gráfico de dispersión de la correlación entre la cuestión 4 (eje X), resumen de la sección Diseño de la Herramienta, y la cuestión 20 (eje Y), resumen de la sección Facilidad de Uso Percibida.

Fig. 7.127. Gráfico de dispersión de la correlación entre la cuestión 4 (eje X), resumen de la sección Diseño de la Herramienta, y la cuestión 24 (eje Y), resumen de la sección Intención de uso.

Fig. 7.128. Gráfico de dispersión de la correlación entre la cuestión 11 (eje X), resumen de la sección Diseño de la Interfaz de Usuario, y la cuestión 16 (eje Y), resumen de la sección Utilidad Percibida.

Fig. 7.129. Gráfico de dispersión de la correlación entre la cuestión 11 (eje X), resumen de la sección Diseño de la Interfaz de Usuario, y la cuestión 20 (eje Y), resumen de la sección Facilidad de Uso Percibida.

Fig. 7.130. Gráfico de dispersión de la correlación entre la cuestión 11 (eje X), resumen de la sección Diseño de la Interfaz de Usuario, y la cuestión 24 (eje Y), resumen de la sección Intención de uso.

Fig. 7.131. Gráfico de dispersión de la correlación entre la cuestión 16 (eje X), resumen de la sección Utilidad Percibida, y la cuestión 20 (eje Y), resumen de la sección Facilidad de Uso Percibida.

Fig. 7.132. Gráfico de dispersión de la correlación entre la cuestión 16 (eje X), resumen de la sección Utilidad Percibida, y la cuestión 24 (eje Y), resumen de la sección Intención de uso.

Fig. 7.133. Gráfico de dispersión de la correlación entre la cuestión 20 (eje X), resumen de la sección Facilidad de Uso Percibida, y la cuestión 24 (eje Y), resumen de la sección Intención de uso.

Las intercorrelaciones calculadas, representadas mediante gráficos de dispersión, también pueden ser representadas hipsométricamente mediante un diagrama de barras piramidal (Figura 7.134).

Fig. 7.134. Diagrama de barras piramidal hipsométrico de las intercorrelaciones.

Este diagrama de barras, al incluir la representación hipsométrica, permite localizar rápidamente las correlaciones de grado débil que siguiendo el criterio impuesto en anteriores apartados, deben ser descartadas, con el objetivo de dejar sólo las correlaciones de grado moderado o fuerte. En nuestro caso $r_{4,20}$ presenta una correlación débil, es decir inferior a 0.5, que deberá ser descartada. Otra ventaja del diagrama de barras es que se visualiza inmediatamente tanto el valor de la correlación como el grado de la misma.

No obstante, a la hora de referirnos al modelo TAM, la representación óptima de las correlaciones es la que se hace utilizando el diagrama extendido de intercorrelaciones con tintas hipsométricas (Figura 7.135).

Fig. 7.135. Diagrama extendido de intercorrelaciones con tintas hipsométricas en el modelo TAM.

Una vez calculadas las intercorrelaciones, representadas individualmente mediante gráficos de dispersión, comparadas mediante diagramas de barras piramidales hipsométricos, y contextualizadas en el modelo TAM mediante el diagrama extendido de intercorrelaciones con tintas hipsométricas, en el siguiente apartado explicaremos las conclusiones del análisis.

7.1.4.2. CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS BIDIMENSIONAL INTERCUESTIONES

En el análisis de las intercorrelaciones, que expandimos inicialmente a todas las relaciones potenciales, hemos encontrado que solamente una de las correlaciones, $r_{4,20}$, está por debajo de 0.5, siendo por tanto de grado débil. Aplicando el criterio usado siempre hasta ahora, de mantener sólo las correlaciones moderadas o fuertes,

eliminando las débiles, obtendríamos un diagrama de intercorrelaciones (Figura 7.136) diferente del original.

Fig. 7.136. Diagrama extendido de intercorrelaciones resultante.

En este diagrama resultante, ha desaparecido una de las relaciones iniciales, $r_{4,20}$, pero al haberse extendido inicialmente el diagrama han aparecido otras, $r_{4,24}$, $r_{4,11}$ y $r_{11,24}$. Podemos decir que tras aplicar un “filtro paso alto” a las correlaciones, las relaciones del modelo TAM se han reconfigurado tal y como existen en la realidad.

7.1.5. ANÁLISIS UNIDIMENSIONAL DE LAS CUESTIONES EN EL MODELO TAM RECONFIGURADO

El análisis intracuestiones descartó algunas de las cuestiones por su débil correlación y el análisis intercuestiones determinó qué relaciones existen entre los componentes del modelo TAM.

En este apartado, partiremos de las secciones de este modelo TAM reconfiguradas (Fig. 7.137) y realizaremos de nuevo el análisis unidimensional de las cuestiones.

Fig. 7.137. Diagrama de secciones reconfiguradas del modelo TAM.

Las medias estadísticas calculadas anteriormente, se reutilizarán excluyendo las de las cuestiones que, tras el análisis intracuestiones, han sido descartadas. La media promedio será nuevamente calculada. El valor de dicha media promedio es de 4.20 (antes era de 4.24), que al transformarlo en “tasa de aceptación”, da el siguiente resultado:

$$\text{tasa de aceptación} = \frac{4.20-1}{5-1} \times 100\% = 80\%$$

Si comparamos esta tasa del 80%, con la del 81% que obtuvimos anteriormente en el análisis unidimensional, se observa que tras haber eliminado el 25% de cuestiones de la encuesta (6 de un total de 24), la tasa de aceptación sólo se ve afectada en un 1%, lo que valida la eliminación de dichas cuestiones y el análisis intracuestiones.

En la Figura 7.138 se representan, a modo de resumen, las medias estadísticas de las cuestiones que se han considerado, la media promedio en trazo continuo y la media promedio recalculada en trazo discontinuo.

Fig. 7.138. Diagrama de barras de las medias estadísticas y representación comparada de la medias promedio.

De esto se deduce que la encuesta que se debería haber pasado al alumnado para valorar la aceptación de la tecnología, es la que se refleja en la Tabla 7.8. En ella se han eliminado algunas de las cuestiones originales (C5, C6, C8, C9, C10 y C17) y otras se han modificado (C14 y C22).

Tabla 7.8. Encuesta reconfigurada de aceptación de la propuesta.

ENCUESTA DE ACEPTACIÓN DE LOS ALUMNOS						
DISEÑO DE LA HERRAMIENTA		1	2	3	4	5
1	Representar los contenidos en forma de red ayuda a entender mejor la asignatura					
2	Explicar un pequeño resumen del tema (nodos de nivel 0) y luego explicarlo en detalle (nodos de nivel 1) ayuda a entender los contenidos del tema					
3	Los contenidos parecen fiables ya que están explicados por expertos (ya sea R.G. Pressman, el profesor, alumnos, u otros autores que se citan en los apuntes)					
4	En general, estoy satisfecho con la HERRAMIENTA					
DISEÑO DE LA INTERFAZ DE USUARIO		1	2	3	4	5
7	Entender que hay diferentes niveles en el “mapa de contenidos” resulta fácil porque coloreamos los nodos, por ejemplo, de nivel 0 con un mismo color, y los de nivel 1, con otro color					
11	En general, estoy satisfecho con la INTERFAZ DE USUARIO					
UTILIDAD PERCIBIDA		1	2	3	4	5
12	Esta forma de representar los contenidos de una asignatura, en forma de red, facilita entender las relaciones entre los temas, y por tanto aprender los contenidos de la asignatura					
13	Que los contenidos tengan distintos niveles de detalle (un nivel 0 básico, un nivel 1 avanzado) facilita el aprendizaje de los contenidos					
14	Que aparezca el nombre del profesor que ha hecho los apuntes, el autor del libro del que se han extraído, el nombre de los alumnos que han hecho los tutoriales o videotutoriales, da tranquilidad a la hora de seguir los apuntes					
15	Usar esta forma de representar los contenidos mejora mi productividad (el “esfuerzo” que tengo que hacer para entender el					

	“mapa de contenido” es poco en comparación con el beneficio que obtengo)					
16	En general, pienso que, utilizar esta representación de los contenidos mejora mi aprendizaje.					
FACILIDAD DE USO PERCIBIDA		1	2	3	4	5
18	Moverme por los diferentes nodos y niveles que representan los contenidos me resulta fácil					
19	Encuentro la herramienta flexible (se podría adaptar a otras asignaturas, se podrían incluir tantos niveles como quisiéramos, etc.)					
20	En general, la herramienta es fácil de usar					
INTENCIÓN DE USO		1	2	3	4	5
21	Si tuviera que volver a cursar esta asignatura, lo cual espero que no sea necesario, utilizaría de nuevo esta herramienta					
22	Una vez conocida esta forma de representar los contenidos, creo que es complementaria de la forma habitual en que se representan los contenidos (tema 1, tema 2 ..., representados linealmente, sin grafos ... y sin niveles)					
23	Recomendaría el uso de esta herramienta a los compañeros del próximo curso, entre los que espero no estar					
24	Me gustaría que otras asignaturas usaran esta herramienta para representar sus contenidos					

7.1.6. CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS DE ACEPTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA

En el análisis unidimensional de las cuestiones, concluimos que la tasa de aceptación obtenida del 81% (media promedio de 4.24) era suficientemente aceptable. No obstante, en determinadas cuestiones (C₅, C₂₂, C₁₄) los resultados fueron inferiores a la media, concluyendo para estas cuestiones que:

- a) C₅: Habría que modificar la representación gráfica utilizada en los diagramas de contenido.

- b) c₂₂: La propuesta, la NONET, no reemplazaría, sino que complementaría a la enseñanza tradicional.
- c) c₁₄: Se valora positivamente la validación de los contenidos por un experto, pero sin que esto implique que el aprendizaje sea más fácil.

El análisis de aceptación de la tecnología, lo iniciamos con el análisis bidimensional intracuestiones, concluyendo que aunque la mayoría de las cuestiones de las secciones tienen una influencia moderada en la cuestión resumen de la sección, existen cuestiones en las que la influencia es débil: casi todas las cuestiones (c₅, c₆, c₈, c₉, c₁₀) de la sección Diseño de la Interfaz de Usuario y una cuestión (c₁₇) de la sección Facilidad de Uso Percibida.

Como resultado del análisis bidimensional intercuestiones, donde hemos considerado inicialmente más relaciones que las existentes originalmente en el modelo TAM, hemos determinado qué relaciones eran las realmente existentes, reconfigurando el modelo TAM inicial.

Por último, al realizar de nuevo el análisis unidimensional al modelo TAM reconfigurado, hemos comprobado que la media promedio apenas cambia respecto al análisis unidimensional inicial, obteniéndose una tasa de aceptación del 80% (con una media promedio de 4.20), lo que valida dicho modelo reconfigurado.

7.2. ANÁLISIS DE LAS CALIFICACIONES ACADÉMICAS

En esta sección vamos a analizar si con la aplicación de la NONET en el aula existe una mejora en las calificaciones académicas. Para ello analizaremos los resultados obtenidos en el grupo experimental (curso 2014-15) con los del grupo de control (curso 2013-14).

Antes de analizar la influencia de la NONET en las calificaciones es necesario explicar cómo se realiza la evaluación en la asignatura en la que se ha experimentado con la NONET, Verificación, Validación y Pruebas del Software (VVPS). La asignatura VVPS se imparte durante el primer semestre, teniendo por tanto su convocatoria

ordinaria en febrero y su extraordinaria en julio. En la convocatoria de febrero la asignatura se puede superar en evaluación continua, que se desarrolla desde septiembre hasta diciembre, o en evaluación final, en enero.

En evaluación continua se realizan dos exámenes tipo test con 20 preguntas cada uno, t_1 y t_2 , y cuatro prácticas, p_1 a p_4 . En evaluación final de enero se realizan dos exámenes, e_1 y e_2 , con preguntas de desarrollo, equivalentes a t_1 y t_2 . En evaluación final de julio se vuelven a realizar dos exámenes, e_1' y e_2' (Figura 7.139). Cualquier suspenso en evaluación continua se puede superar en evaluación final de enero, y cualquier suspenso en la convocatoria de febrero se puede superar en convocatoria de julio, manteniéndose las calificaciones de cualquier parte superada.

Fig. 7.139. Pruebas de evaluación en la asignatura VVPS.

Una vez conocida la forma de evaluar pasaremos a comparar los resultados obtenidos en las calificaciones en el grupo experimental (curso 2014-15) con los del grupo de control (2013-14). La mayoría de los alumnos aprueban en la convocatoria de febrero, motivo por el la que consideraremos para el análisis, prescindiendo de la de julio, en la que la cantidad de datos a analizar disminuye significativamente.

En lugar de considerar las calificaciones de las actas, se tendrá en cuenta el desglose de estas calificaciones, para eliminar de ellas los incrementos que se hubieran podido dar a algunos alumnos por su participación en clase, así como el 0.5 punto de incremento en la nota que se dio a los alumnos que realizaron la encuesta de aceptación.

Aunque las clases se impartieron en dos grupos de tercer curso, GSM31 y GST31, no se considerará esta distinción en el análisis para no introducir demasiados cálculos, que por otra parte pudieran no aportar conclusiones realmente relevantes.

En la Figura 7.140 mostramos el diagrama de barras con las calificaciones obtenidas en la convocatoria de febrero del curso 2014-15 (grupo experimental). En este curso 2014-15 se matricularon un total de 76 alumnos, de los cuales abandono uno, quedando por tanto una población de 75 alumnos. En esta Figura se ha incluido la media aritmética así como la desviación típica, representándolas gráficamente en la distribución.

En la Figura 7.141 mostramos el diagrama de barras con las calificaciones obtenidas en la convocatoria de febrero del curso 2013-14 (grupo de control). En este curso se matricularon un total de 128 alumnos, abandonando tres, y quedando por tanto una población de 125 alumnos.

Fig. 7.140. Diagrama de barras con las calificaciones académicas y representación de μ y σ en la convocatoria de febrero del curso 2014-2015 en VVPS.

Fig. 7.141. Diagrama de barras con las calificaciones académicas y representación de μ y σ en la convocatoria de febrero del curso 2013-2014 en VVPS.

Tras calcular y representar μ y σ , en la Figura 7.142 se comparan los resultados obtenidos para ambos cursos. Observamos que en el curso 2014-15 (grupo experimental) hay un aumento de la nota media μ , y que la dispersión, dada por σ , es menor, que en el curso 2013-14 (grupo de control). Parece razonable afirmar que la aplicación de la NONET influye favorablemente en la mejora de las calificaciones.

Fig. 7.142. Comparación de las calificaciones entre el grupo de control y el experimental.

No obstante, hay que analizar más en detalle estas calificaciones (Figura 7.143 y Figura 7.144) puesto que en el curso 2014-15 hubo una modificación en las pruebas de evaluación: el test 1, que constaba habitualmente de 20 preguntas se desglosó en dos tests, el minitest 1 con 6 preguntas y el minitest 2 con las 14 preguntas restantes. Este cambio se realizó porque la primera vez que el alumno se enfrenta con el test, las notas son significativamente más bajas que la siguiente vez, influyendo no los contenidos del test, sino el test mismo.

Fig. 7.143. Detalle de las calificaciones en el curso 2014-15.

Fig. 7.144. Detalle de las calificaciones en el curso 2013-14.

Los resultados obtenidos en el 1º test en el curso 2014-15 (5,52) son mejores que los homólogos del curso 2013-14 (4,25), pudiendo esto estar justificado probablemente por haber dividido las preguntas del 1º test en dos minitests. Pero los resultados del 2º test del curso 2014-15 (7,31) también son mejores que los del curso 2013-14 (6,12), al igual que las prácticas, lo cual sí que puede tener su explicación en la utilización de la NONET en el curso 2014-15.

Aunque estos resultados por sí mismos son satisfactorios, podría que fueran debidos a la experiencia del profesor en la impartición de la asignatura, motivo por el

que se van a analizar las calificaciones de los cursos anteriores, desde que la asignatura tiene la estructura con la que se imparte en la actualidad. Esto nos hace retrotraernos al curso 2011-12 y posterior, y calcular los valores de μ y σ de estos cursos, que se representan en la Figura 7.145.

Fig. 7.145. Representación comparativa de μ y σ de los cursos anteriores al 2014-15.

Si analizamos el diagrama de barras histórico de la Figura 7.145, aunque no se descarte la influencia de la experiencia del profesor, existe una mejora en las calificaciones del 2014-15:

- a)** Los resultados del 2014-15 están por encima de los del 2011-12 y 2012-13, con lo que los resultados de 2014-15 no sólo son un máximo local, sino el máximo global.
- b)** Incluso relativizando los relevantes resultados, en el curso 2014-15, curso en que se ha utilizado la NONET, se ha producido un cambio de tendencia, que en el curso 2013-14 produjo un mínimo local.

7.2.1. CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS DE LAS CALIFICACIONES ACADÉMICAS

Los resultados obtenidos en el curso 2014-15, en que se ha utilizado la NONET, son mejores que los obtenidos en curso 2013-14, mejoría en la que también ha influido la división del primer test de 20 preguntas en dos minitests, uno de 6 preguntas y otro de 14, pero ésta división no ha sido la causa de la mejoría, que también se ha producido, en los resultados del segundo test.

Los resultados del curso 2014-15 son mejores que los mejores resultados obtenidos en otros cursos anteriores, habiéndose superado los resultados del curso 2013-14, que se pueden interpretar como un mínimo local, y recuperando la tendencia alcista de los cursos anteriores.

7.3. ANÁLISIS DE LAS ENCUESTAS DE OPINIÓN SOBRE LA DOCENCIA

En esta sección a analizar si con la aplicación de la NONET existe una mejora en las encuestas al profesorado, para lo que analizaremos y compararemos los resultados obtenidos en el grupo experimental (curso 2014-15) con los del grupo de control (curso 2013-14).

Tradicionalmente en la U.P.M. y en la E.T.S.I.S.I. se realizan encuestas semestrales para conocer la opinión de los alumnos sobre la docencia de cada asignatura. En estas encuestas se incluyen 7 preguntas relativas a la asignatura, de la 1 a la 7, y otras 10, de la 8 a la 17, relativas al profesor que imparte la asignatura (Tabla 7.9). Cada pregunta se responde en una escala del 1 al 6, donde el 6 corresponde a la máxima puntuación.

Tabla 7.9. Encuesta de opinión de los alumnos sobre la docencia.

ESTUDIO DE OPINIÓN DE LOS ALUMNOS SOBRE LA DOCENCIA EN LA UNIVERSIDAD	
1	Las tareas previstas (teóricas, prácticas, de trabajo individual, en grupo, etc.) guardan relación con lo que se pretende que aprenda en la actividad docente.
2	En el desarrollo de esta actividad docente no hay solapamientos con los contenidos de otras actividades ni repeticiones innecesarias.
3	Se han coordinado adecuadamente las tareas teóricas y prácticas previstas en el programa.
4	El volumen de contenidos y tareas que comprende la actividad docente guarda proporción con los créditos que tiene asignados.
5	La dedicación que exige esta actividad docente se corresponde con la prevista en el programa.
6	El modo en que se evalúa (exámenes, memorias de prácticas, trabajos individuales o de grupo, etc.) guarda relación con el tipo de tareas (teóricas, prácticas, individuales, grupales, etc.) desarrolladas.
7	He mejorado mi nivel de partida, con relación a las competencias previstas en el programa.
8	La información que proporciona el profesor sobre la actividad docente (objetivos, actividades, bibliografía, criterios y sistema de evaluación, etc.) me ha resultado de fácil acceso y utilidad.
9	El profesor prepara, organiza y estructura bien las actividades o tareas que se realizan en la clase (o laboratorio, taller, trabajo de campo, seminario, etc.).
10	El profesor explica con claridad y resalta los contenidos importantes de la actividad docente.
11	El profesor resuelve las dudas y orienta a los alumnos en el desarrollo de las tareas.
12	La ayuda recibida del profesor en tutorías resulta eficaz para aprender.
13	La bibliografía recomendada por el profesor es útil para desarrollar las tareas individuales o de grupo.

14	El profesor favorece la participación de los estudiantes en el desarrollo de la actividad docente (facilita que exprese sus opiniones, incluye tareas individuales o de grupo, etc.).
15	El profesor consigue despertar interés por los diferentes temas que se abordan en el desarrollo de la actividad docente.
16	El profesor ha facilitado mi aprendizaje, y gracias a su ayuda he logrado mejorar mis conocimientos, habilidades o modo de afrontar determinados temas.
17	En general, estoy satisfecho con la labor docente del profesor.

Los resultados de las encuestas durante el curso 2014-15 (grupo experimental) se representan en la Figura 7.146. En esta Figura se observa que las medias estadísticas correspondientes a cada una de las preguntas, están en el rango [4.30, 5.30], y que tienen una media promedio de 4.94, lo que sin duda es un excelente resultado.

Fig. 7.146. Diagrama de barras de las medias estadísticas y representación de la media promedio de las encuestas de docencia del curso 2014-15 de VVPS.

Los resultados durante el curso 2013-14 (grupo de control) se representan en la Figura 7.147, donde se observa que las medias estadísticas están en el rango [4.19, 4.81], con una media promedio de 4.52, que aun siendo un buen resultado no es tan bueno como el del curso 2014-15.

Fig. 7.147. Diagrama de barras de las medias estadísticas y representación de la media promedio de las encuestas de docencia del curso 2013-14 de VVPS.

La mejoría que existe en las encuestas del 2014-15 en relación a las 2013-14 es relevante, y podría estar vinculada a la aplicación de la NONET en el curso 2014-15, no obstante extenderemos el análisis a cursos anteriores.

Los resultados durante el curso 2012-13 se representan en la Figura 7.148. En este caso las medias estadísticas están en el rango [4.43, 4,86], con una media promedio de 4.65, dando por tanto unos resultados mejores que los del grupo de control, pero nuevamente peores que los del grupo experimental.

Fig. 7.148. Diagrama de barras de las medias estadísticas y representación de la media promedio de las encuestas de docencia del curso 2012-13 de VVPS.

Por último, los resultados del curso 2011-12 se representan en la Figura 7.149. Las medias estadísticas están en el rango [3.59, 4.26], con una media promedio de 3.86, dando peores resultados que los restantes cursos, incluidos el del grupo de control y el del experimental.

Fig. 7.149. Diagrama de barras de las medias estadísticas y representación de la media promedio de las encuestas de docencia del curso 2011-12 de VVPS.

Una vez expuestos los resultados en las encuestas tanto en el curso del grupo experimental como en los anteriores, representamos en el diagrama de barras de la Figura 7.150 las medias promedio de los cursos y la curva de tendencia.

Fig. 7.150. Diagrama de barras con las medias promedio, los incrementos porcentuales y la curva de tendencia de las encuestas de opinión de VVPS en el curso del grupo experimental y en los anteriores.

En esta Figura observamos una mejoría en los resultados del 20,5% en el curso 2012-13 y del 9,3% en el curso 2014-15, en relación al curso anterior correspondiente. El 20,5% podría deberse a la experiencia del profesor, en el ya segundo año de esta etapa 2011-2015. El 9,3% podríamos suponer que se debe a la utilización de la NONET, pero para validar esta suposición vamos a analizar las encuestas en la ETSISI en el mismo periodo.

En la Figura 7.151, se representan las medias promedio de las encuestas obtenidas en la ETSISI en el periodo 2011-15. En esta Figura la curva de tendencia se convierte prácticamente en una recta, estando las medias en un rango [4.35, 4,51] con un recorrido bastante menor que el obtenido en las encuestas de la asignatura VVPS, cuyas medias estaban en el rango [3.86, 4.94].

Fig. 7.151. Diagrama de barras con las medias promedio, los incrementos porcentuales y la curva de tendencia de las encuestas de opinión en la ETSISI en el curso del grupo experimental y en los anteriores.

Del análisis comparado de los diagramas de barras de las Figuras anteriores podemos concluir que en el curso 2014-15 habría sido de esperar un incremento del 3.7% en las encuestas de la docencia de VVPS, pero en cambio se ha producido un incremento del 9.3%.

7.3.1. CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS DE LAS ENCUESTAS DE OPINIÓN SOBRE LA DOCENCIA

En el curso 2014-2015 (grupo experimental) se obtuvo una mejoría, respecto al curso 2013-2014 (grupo de control), en las encuestas de opinión de la docencia de la asignatura Verificación, Validación y Pruebas del Software (VVPS), obteniéndose además en las encuestas los resultados más altos de la etapa 2011-2015.

En el curso 2014-2015 las encuestas de opinión de la docencia en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Sistemas Informáticos (ETSISI) también experimentaron una mejoría, pero porcentualmente inferior a la obtenida en VVPS.

7.4. CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE LA PROPUESTA

En el análisis de aceptación de la tecnología concluimos que el valor de la tasa de aceptación del modelo TAM inicial, un 81%, así como tasa de aceptación del modelo reconfigurado, un 81%, validaban que la propuesta de la NONET era aceptada por el usuario de la tecnología, el alumno.

En el análisis de las calificaciones académicas, prescindiendo de otros factores, se observó que en el curso 2014-15 se había producido un aumento en las calificaciones respecto al curso 2013-14, habiéndose obtenido además los mejores resultados de la etapa 2011-2015.

Por último, en el análisis de las encuestas de opinión sobre la docencia, resultó que en el curso del grupo experimental, curso 2014-15, se obtuvieron mejores resultados que en el curso del grupo de control, curso 2013-14, mejoría también mayor que la se produjo en ese mismo curso en la ETSISI.

Es por ello que se puede concluir que en el curso 2014-2015, en el que se ha utilizado la NONET en el aula, las encuestas de VVPS han experimentado un incremento respecto a cursos anteriores y también respecto al incremento habido en las encuestas de la ETSISI en ese curso.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

La adaptación de los objetos de aprendizaje ha despertado un especial interés entre los investigadores, que se refleja en la extensa bibliografía existente en este tema, aunque las soluciones propuestas no se concretan en experiencias con una difusión significativa. Es cierto que se han producido avances relevantes, pero sin que los resultados sean concluyentes.

Por otra parte, la cuestión de la calidad de los contenidos de los objetos de aprendizaje, se está empezando a abordar, sin que todavía haya despertado un especial interés. De cualquier forma, las soluciones que tratan la adaptación y la reutilización, estrechamente ligadas, lo hacen por separado, como si fueran facetas independientes de los objetos de aprendizaje.

La tesis, con su propuesta, una Red Multinivel de Conocimiento Certificado, resuelve la adaptación de la enseñanza a los conocimientos previos del estudiante, aporta fiabilidad a los contenidos, y asume la necesidad de reutilización, en un enfoque mixto, con una perspectiva más ambiciosa del aprendizaje.

La propuesta se basa en reestructurar el conocimiento en forma de red, idea coherente con la propia naturaleza del conocimiento, representado biológicamente en un espacio tridimensional como es el cerebro. Una estructura en red, que posibilita establecer relaciones entre los contenidos de los nodos, o de secuencialidad entre los nodos, e incluso agrupamientos de nodos.

El contenido de cada nodo se adapta a los conocimientos previos del estudiante, mediante una técnica de sencilla aplicación y genérica, al establecer distintos niveles de detalle para los contenidos. La Red Multinivel de Conocimiento, ontológicamente, ofrece una manera de representar el conocimiento y, en el contexto de los objetos de aprendizaje, abarca la idea de repositorio de objetos, esbozando la estructura de un Sistema de Administración de Contenidos y del Aprendizaje (LCMS).

La implementación de la propuesta se logra reestructurando los contenidos de una asignatura universitaria de grado en forma de red y redactándose estos contenidos con distintos niveles de detalle, corroborándose su aplicabilidad en cualquier asignatura de cualquier nivel académico.

La implementación se realiza reutilizando los apuntes, previamente redactados en una aplicación de presentación de transparencias (PowerPoint), e integrando la propuesta en las propias transparencias. Esta integración se resuelve técnicamente empleando hipervínculos: los distintos niveles de detalle de un contenido se vinculan con las transparencias donde se desarrollan esos contenidos.

La validación de la tesis se efectúa desde una perspectiva múltiple: por una parte, se calcula la tasa de aceptación y se comprueban las hipótesis de un modelo de aceptación de la tecnología; y por otra parte, se analizan las calificaciones académicas y la opinión del estudiante sobre la docencia.

Se realiza una encuesta a los estudiantes que usaron la propuesta, en la asignatura universitaria de grado escogida, recopilándose unos datos con los que se calcula la tasa de aceptación y con los que se realiza el estudio con el modelo TAM, obteniéndose una tasa de aceptación del 81%.

En el estudio de la aceptación de la tecnología se ha escogido como referencia el modelo TAM de Davis, en concreto la versión de Liu, adaptada a nuestra propuesta. En la representación de las correlaciones de las hipótesis del modelo TAM se incorporan tintas hipsométricas, utilizadas en los diagramas de barras piramidales y en los diagramas de correlación, así como gráficos de dispersión de la correlación, que resultan eficaces en la interpretación de las correlaciones.

En el modelo TAM de Liu, se han ampliado las hipótesis que tradicionalmente considera el modelo, y el estudio de estas hipótesis, vinculado tradicionalmente a las correlaciones entre las cuestiones de distintas secciones (análisis de intercorrelaciones), se ha aplicado también a las correlaciones entre las cuestiones de una misma sección (análisis de intracorrelaciones).

Con el análisis de intracorrelaciones se han conseguido eliminar las cuestiones con una intracorrelación débil y con el análisis de intercorrelaciones han resultado validadas el 90% de las hipótesis del modelo TAM.

Al volver a realizarse el análisis estadístico, sin incluirse las cuestiones con intracorrelación débil –lo que implica una reducción de los cálculos en un 25%-, y calcular de nuevo la tasa de aceptación, se obtiene un resultado del 80%, casi idéntico al 81% obtenido cuando se incluyeron todas las cuestiones en el análisis. Es decir, el análisis intracuestiones reduce los cálculos considerablemente, pero en cambio los

resultados apenas difieren en un 1%, lo que valida la utilización del análisis intracuestiones en el modelo TAM.

En lo relativo al análisis de las calificaciones académicas, los resultados indican que en el grupo experimental la media aritmética de las calificaciones ha sido superior en un 21% a las del grupo de control y que la desviación típica ha resultado un 15% inferior. Al refinar el análisis de las calificaciones, eliminando datos que pudieran estar sesgados, se corrobora que, al menos, en el segundo parcial el grupo experimental ha obtenido un incremento del 19% en las calificaciones.

Se realiza la comparación histórica de las calificaciones del grupo experimental con los cursos anteriores y se comprueba que las calificaciones también han sido mejores en un 9% que el mejor de los cursos anteriores.

En las encuestas de opinión sobre la docencia, se obtienen unos resultados mejores en un 9% en el grupo experimental que en el grupo de control. Se realiza, tal y como se hizo con las calificaciones, el análisis histórico de las encuestas y se confirma que los resultados en el grupo experimental son mejores en un 6% que el más notorio de los cursos anteriores.

En definitiva, la tesis, a través de la propuesta de una Red Multinivel de Conocimiento Certificado con la que se pueden adaptar los conocimientos al alumno y certificar parcialmente los contenidos, ha sido validada en la mejora del aprendizaje.

APORTACIONES

APORTACIONES

Las aportaciones de la tesis se dividen en dos grupos, las principales que están vinculadas con los objetivos de la tesis y las que sin ser principales han ido surgiendo durante el desarrollo de la misma. Las aportaciones principales de esta tesis son las siguientes:

- El diseño de una “red multinivel de conocimiento certificado”, que resuelve el problema de la adaptación de los contenidos a los conocimientos previos de los estudiantes, la reutilización de los objetos de aprendizaje y la certificación de los contenidos.
- La concreción de una metodología para reestructurar los contenidos de cualquier asignatura como red multinivel y de la técnica para la implantación de la citada red.
- La metodología para la validación de la “red multinivel”, que se concreta en la aceptación como tecnología por el estudiante y en la mejora en los resultados del aprendizaje, ya sean las calificaciones académicas o la opinión de los estudiantes sobre la docencia.

Por otra parte, se han realizado otras contribuciones, secundarias respecto a los objetivos principales, aunque relevantes en algunos casos:

- La determinación y utilización de los “diagramas de contenido” como notación gráfica para la representación del conocimiento.
- El diseño de un LCMS como subproducto de la red de conocimiento multinivel.
- El empleo de tintas hipsométricas en la representación de las correlaciones entre las cuestiones de la encuesta de aceptación de la tecnología.
- El empleo de “diagramas de barras piramidales hipsométricos” y de “diagramas de correlaciones hipsométricos”.
- La definición y utilización del “análisis de intracorrelaciones” en el modelo TAM.
- La extensión de las hipótesis del modelo TAM.
- La validación del “análisis de intracorrelaciones” como técnica.

LÍNEAS FUTURAS DE TRABAJO

LÍNEAS FUTURAS DE TRABAJO

Se plantean tanto líneas de desarrollo como de investigación, a corto y a más largo plazo:

- Análisis de la aplicación en la enseñanza universitaria de una red tri-tetranivel de conocimiento.
- Establecimiento de una metodología para la extensión de una red multinivel a un área de conocimiento.
- Estudio de la atomización de los contenidos y sistematización de la reestructuración en redes multinivel de conocimiento.
- Aplicación a la enseñanza de la evaluación mononodal en el contexto de una red multinivel de conocimiento.
- Implementación de la red multinivel en un dispositivo de tecnología “single board computer” (Odroid o Raspberry Pi) conteniendo LMS (MOODLE) y CMS (MediaWiki).
- Discriminación de los “perfiles léxicos” de los estudiantes y su empleo en la adaptación de los contenidos.
- Reestructuración de la una red multinivel en un espacio tridimensional y representación en una base de datos espacial.

SIGLAS Y ACRÓNIMOS

AACS	Attributes-based Ant Colony System, o Sistema de Hormiguero basado en Atributos.
ACO	Ant Colony Optimization, Algoritmo de Optimización de Hormiguero.
ADL	Advanced Distributed Learning, o Aprendizaje Distribuido Avanzado.
AEH	Adaptative Educational Hypermedia, o Hipermedia Educativa Adaptativa.
AeLS	Adaptative e-Learning Systems, o Sistemas de e-Learning Adaptativos.
AHP	Analytic Hierarchy Process, o Proceso Analítico Jerárquico.
ANFIS	Adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems, o Sistemas de Inferencia Adaptativos Neuro Difusos.
AT	Activity Theory, o Teoría de la Actividad.
AJAX	Asynchronous JavaScript and XML.
BDI	Believes-Desires-Intentions, o Creencias-Deseos-Intenciones.
CACF	Context-Aware Collaborative Filtering, o Filtrado Colaborativo Sensible al Contexto.
CbKST	Competence-based Knowledge Space Theory, o Teoría del Espacio del Conocimiento basado en la Competencia.
CDA	Content Display Application, o Aplicación de Visualización de Contenidos.
CDM	Multi Criteria Decision Making, o Método Multicriterio en la toma de Decisiones.
CF	Collaborative filtering, o Filtrado Colaborativo.

CF-MC	Collaborative Filtering based on Multi Criteria, o Filtrado Colaborativo basado en Multicriterio.
CLOCKS	Contextualized Learning Objects for Constructing Knowledge, u Objetos de Aprendizaje Contextualizados para la Construcción de Conocimiento.
CMA	Content Management Application, o Aplicación de Administración del Contenido.
CMS	Content Management System, o Sistema de Administración de Contenido.
CSCL	Computer Supported Cooperative Learning, o Aprendizaje Colaborativo Soportado por Ordenador.
DCSS	Dynamic Content Sequencing System, o Sistema de Secuenciación Dinámica de Contenidos.
EDM	Educational Data Mining, o Minería de Datos Educativa.
ESO	Educación Secundaria Obligatoria.
ETSISI	Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Sistemas Informáticos.
FRS	Fuzzy Recommender Systems, o Sistemas de Recomendación Difusos.
FuEucMC-CF	Fuzzy Euclidian MC-CF, o Filtrado Colaborativo Multicriterio Euclidiano Difuso.
FuAvgMC-CF	Fuzzy Average MC-CF, o Filtrado Colaborativo Multicriterio Promedio Difuso.
FKMS	Fuzzy Knowledge Management System, o Sistema Difuso de Gestión del Conocimiento.
GA	Genetic Algorithm, o Algoritmos Genéticos.
HTN	Hierarchical Task Network, o Red de Tareas Jerárquica.
ID	Instructional Design, o Diseño Instruccional.

IDT	Innovation Diffusion Theory, o Teoría de Difusión de Innovaciones.
INES	Intelligent Educational System, o Sistema Educativo Inteligente.
IR	Information Retrieval, o Recuperación de Información.
ITS	Intelligent Tutoring Systems, o Sistemas Tutoriales Inteligentes.
LCMS	Learning Content Management System, o Sistema de Administración de Contenidos y del Aprendizaje.
LMS	Learning Management System, o Sistema de Administración del Aprendizaje.
LO	Learning Object (LO), u Objeto de Aprendizaje.
LOM	Learning Object Metadata, o Metadato de Objeto de Aprendizaje.
LOR	Learning Object Repository (LOR), o Repositorio de Objetos de Aprendizaje.
LSI	Learning Style Inventory, o Inventario del Estilo de Aprendizaje.
LTSC	IEEE Learning Technology Standards Committee, o Comité de Standards en Tecnología de Aprendizaje.
MERLOT	Multimedia Educational Resource for Learning and Online Teaching, o Recurso Educativo Multimedia para el Aprendizaje y la Enseñanza Online.
MM	Motivational Model, o Modelo Motivacional.
MOOC	Massively Open Online Courses, o Cursos Online Masivamente Abiertos.
MOODLE	Modular Object Oriented Dynamic Learning Environment, o Entorno de Aprendizaje Dinámico Modular Orientado a Objetos.
MPP	Metáfora de Programación por Parejas.
NFC	Near Field Communication, o Comunicación de Campo Cercano.

SIGLAS Y ACRÓNIMOS

NNA	Nearest Neighborhood Algorithm, o Algoritmo del Vecino más Próximo.
NONET	kNOwledge NETwork, o Red de Conocimiento Multinivel Certificado.
POeL	Problem-Oriented e-Learning, o e-Learning Orientado a Problemas.
PP	Programación en Parejas.
PROTUS	PROgramming TUtoring System, o Sistema de Tutoría de Programación.
PSLS	Problem-Solving Learning System, o Sistema de Aprendizaje de Resolución de Problemas.
RPO	Research Park Online, o Parque Online de Investigación.
RS	Recommender Systems, o Sistemas de Recomendación.
SCORM	Sharable Content Object Reference Model, o Modelo de Referencia de Objetos de Contenido Compartibles.
SOA	Services Oriented Architecture, o Arquitectura Orientada a Servicios.
SOM	Self-Organized Maps, o Mapas Auto-Organizados.
SWRL	Semantic Web Rule Language, o Lenguaje de Reglas para la Web Semántica.
TAM	Technology Acceptance Model, o Modelo de Aceptación de la Tecnología.
TEL	Technology-Enhanced Learning, o Aprendizaje Mejorado por la Tecnología.
TPB	Theory of Planned Behaviour, o Teoría del Comportamiento Planificado.
TRA	Theory of Reasoned Action, o Teoría de la Acción Razonada.
UML	Unified Modeling Language, o Lenguaje Unificado de Modelado.
UoL	Units of Learning, o Unidades de Aprendizaje.

UPM	Universidad Politécnica de Madrid.
UTAUT	Unified Theory of Acceptance and Use of Technology, o Teoría Unificada de Aceptación y Uso de la Tecnología.
UZWEBMAT	abreviación turca de Adaptive and INtelligent WEB based MAThematics teaching-learning system, o Sistema de Aprendizaje-Enseñanza Adaptativo e Inteligente para las Matemáticas basado en la Web.
VAK	Visual-Auditory-Kinesthetic, o Visual-Auditivo-Cinético.
VLE	Virtual Learning Environments, o Entornos Virtuales de Aprendizaje.
WPS	Verificación, Validación y Pruebas del Software.
WFuMC-CF	Weighted Fuzzy MC-CF, o Filtrado Colaborativo Multicriterio Difuso Ponderado.
XML	eXtensible Markup Language, Lenguaje de Marcado Extensible.

ÍNDICE DE TÉRMINOS

ÍNDICE DE TÉRMINOS

adaptación, 3, 7, 15, 18, 23, 24, 25, 28, 29, 31, 32, 36, 43, 48, 53, 55, 64, 69, 70, 74, 75, 89, 91, 92, 247, 253, 257

adaptativo, 23, 24, 25, 27, 29, 30, 34, 39, 41, 42, 46, 48, 50, 55, 56, 61, 69, 70, 72, 73

algoritmo genético, 41, 44, 55, 58, 70

análisis bidimensional, 189, 229

análisis bidimensional intercuestiones, 189, 216, 229

análisis bidimensional intracuestiones, 189, 215, 224, 225, 229, 248, 249

análisis unidimensional, 149, 215, 225, 228, 229

aprendizaje, 3, 7, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 59, 60, 63, 64, 65, 66, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 82, 83, 84, 85, 89, 95, 119, 120, 121, 137, 139, 142, 166, 170, 188, 227, 228, 229, 238, 247, 249, 253

aprendizaje adaptativo, 42, 69, 70, 73

calidad, 7, 15, 18, 25, 35, 56, 60, 63, 66, 73, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 89, 247

CMS, 17, 18, 91, 257, 262

conector de estructura, 89, 102, 108

conector de secuenciación, 89, 102, 108, 113

correlación, 35, 37, 45, 71, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 224, 248

curvas de nivel, 126, 127, 128

diagrama de barras piramidal hipsométrico, 198, 203, 206, 209, 212, 222

diagrama de contenidos, 89, 90, 91, 95, 100, 101, 102, 103, 108, 109, 110, 113

difuso, 24, 27, 60, 262, 265

diseño de la herramienta, 120

diseño de la interfaz de usuario, 120

e-Learning, 3, 15, 17, 21, 25, 26, 27, 28, 29, 39, 41, 42, 43, 45, 46, 47, 48, 49, 52, 53, 54, 55, 56, 60, 61, 65, 68, 69, 70, 71, 72, 75, 76, 77, 78, 79, 82, 84, 261, 264, 277, 278, 280, 282, 284, 287, 288, 289, 291

estilos de aprendizaje, 3, 7, 18, 24, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 41, 43, 48, 52, 54, 55, 74

estrategias de aprendizaje, 24, 27, 41, 43, 82

evaluación, 15, 18, 20, 26, 29, 31, 38, 40, 47, 50, 51, 56, 61, 62, 74, 80, 82, 83, 84, 85, 137, 229, 230, 233, 237, 257

experto, 29, 39, 48, 50, 51, 73, 92, 95, 229

facilidad de uso percibida, 119, 138

fiabilidad, 89, 91, 93, 95, 116, 247

filtrado colaborativo, 55, 57, 58, 60, 66, 67

gama de color, 128, 131, 191

grado de correlación, 190

gráfico de dispersión, 196, 197, 200, 201, 202, 204, 205, 208, 210, 211, 217, 218, 219, 220, 221

grafo, 91

inteligencia artificial, 41, 43, 44, 58, 73

intención de uso, 119, 120, 138

intercorrelaciones, 215, 216, 217, 221, 222, 223, 224, 248

intracorrelación, 214, 215, 248, 253

itinerario, 24, 41, 43, 44, 45, 47

LCMS, 17, 50, 94, 247, 253, 263

Learning Object, LO, 15, 16, 21, 23, 42, 57, 66, 67, 80, 263, 281, 295

LMS, 17, 18, 62, 68, 70, 257, 263, 283

LOM, 15, 16, 21, 23, 84, 263

LOR, 16, 18, 57, 59, 66, 67, 85, 263

MERLOT, 18, 22, 55, 59, 82, 84, 263, 286, 292

metadato, 15, 16, 23, 43, 44, 66, 67, 74, 76, 77, 78, 80, 81, 84, 85, 263

métrica, 61, 70, 82, 84, 85, 138

minería de datos, 45, 52, 56, 62

modelo de aceptación de la tTecnología, 3, 8, 119, 120, 138, 139, 189, 214, 215, 216, 222, 223, 224, 225, 229, 243, 248, 264

MOODLE, 18, 49, 62

multinivel, 3, 73, 92, 93, 103, 108, 109, 110, 253, 257

nodo, 3, 89, 92, 93, 94, 95, 102, 110, 113, 115, 141, 156, 247

NONET, 94, 143, 215, 229, 233, 234, 235, 236, 239, 241, 243, 264

nube, 50, 89, 90

objetos de aprendizaje, 15, 16, 39, 66, 68, 77, 80, 81, 262, 263

ontología, 19, 20, 21, 22, 29, 31, 38, 43, 48, 53, 63, 64, 70, 84

personalizado, 25, 27, 29, 33, 42, 48, 50, 52, 53, 54, 61, 69, 72, 75, 85

recomendación, 3, 7, 18, 24, 29, 41, 42, 43, 45, 47, 48, 52, 53, 55, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 68, 69, 72

recursos de aprendizaje, 46, 59, 65, 78

red, 7, 69, 74, 94, 99, 108, 247, 249, 262, 264

red de Conocimiento, 94, 264

red multinivel, 3, 7, 93, 253, 257

repositorio, 16, 21, 22, 48, 55, 59, 74, 82, 84, 247

reutilización, 3, 7, 16, 18, 21, 28, 53, 66, 74, 76, 77, 78, 79, 80, 82, 83, 89, 247, 253

rutas de aprendizaje, 3, 7, 42

SCORM, 18, 21, 25, 28, 46, 70, 77, 80, 264, 280, 290

secuencias de aprendizaje, 41, 43

semántica, 19, 20, 21, 41, 49, 53, 70, 76, 77

sistemas de recomendación, 24, 55, 57, 64

TAM, 4, 119, 224, 248, 249, 253, 264, 285, 288

tasa de aceptación, 3, 8, 184, 225, 228, 229, 243, 248

tintas hipsométricas, 8, 125, 126, 127, 128, 191, 192, 193, 195, 198, 202, 206, 209, 212, 213, 214, 222, 223, 248, 253

tutoría, 3, 18, 23, 24, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55

tutoría adaptativa, 48, 54

utilidad percibida, 119

VAK, 31, 34, 39, 40, 50, 265

VVPS, 99, 100, 101, 102, 103, 107, 109, 110, 137, 143, 229, 230, 232, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 265

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y BIBLIOGRAFÍA

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y BIBLIOGRAFÍA

[ADL] Advanced Distributed Learning Network, <http://www.adlnet.org/index.html>, consultado en septiembre de 2015.

C. Alquati Bisol, Carla Beatris Valentini, Karen Cristina Rech Braun. "Teacher education for inclusion: Can a virtual learning object help?". *Computers & Education*, Volume 85, July 2015, Pages 203-210, ISSN 0360-1315.

[L.E. Anido et al., 2002] Luis E. Anido, Manuel J. Fernández, Manuel Caeiro, Juan M. Santos, Judith S. Rodríguez, Martín Llamas. "Educational metadata and brokerage for learning resources". *Computers & Education*, Volume 38, Issue 4, May 2002, Pages 351-374, ISSN 0360-1315.

[S.B. Aher, L.M.R.J. Lobo, 2013] Sunita B. Aher, L.M.R.J. Lobo. "Combination of machine learning algorithms for recommendation of courses in E-Learning System based on historical data". *Knowledge-Based Systems*, Volume 51, October 2013, Pages 1-14, ISSN 0950-7051.

[Y. Akbulut, C.S. Cardak, 2012] Yavuz Akbulut, Cigdem Suzan Cardak. "Adaptive educational hypermedia accommodating learning styles: A content analysis of publications from 2000 to 2011". *Computers & Education*, Volume 58, Issue 2, February 2012, Pages 835-842, ISSN 0360-1315.

[A. Altun, 2012] Arif Altun. "Ontologies for Personalization: A New challenge for Instructional Designers". *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Volume 64, 9 November 2012, Pages 691-698, ISSN 1877-0428.

[J.J. Arranz, 2008] José Juan Arranz Fustel. *Apuntes de Cartografía II, Representación del Relieve*. Ed. E.T.S.I. Topografía, Geodesia y Cartografía, 2008.

Yacine Atif, Liren Zhang. "Network resource management in support of QoS in ubiquitous learning". *Journal of Network and Computer Applications*, Volume 41, May 2014, Pages 148-156, ISSN 1084-8045.

[T. Augustin et al., 2013] Thomas Augustin, Cord Hockemeyer, Michael D. Kickmeier-Rust, Patrick Podbregar, Reinhard Suck, Dietrich Albert. "The simplified updating rule in the formalization of digital educational games". *Journal of Computational Science*, Volume 4, Issue 4, July 2013, Pages 293-303, ISSN 1877-7503.

[R.J. Beck, 2008] Robert J. Beck. "What are learning objects?". *Center for International Education*, University of Wisconsin-Milwaukee.

[Y. Biletskiy et al., 2009] Yevgen Biletskiy, Hamidreza Baghi, Igor Keleberda, Michael Fleming. "An adjustable personalization of search and delivery of learning objects to learners". *Expert Systems with Applications*, Volume 36, Issue 5, July 2009, Pages 9113-9120, ISSN 0957-4174.

[A. Bilge, H. Polat, 2013] Alper Bilge, Huseyin Polat. "A scalable privacy-preserving recommendation scheme via bisecting k-means clustering". *Information Processing & Management*, Volume 49, Issue 4, July 2013, Pages 912-927, ISSN 0306-4573.

[B. Boiko, 2005] Bob Boiko. *Content Management Bible*. John Wiley & Sons, 2005.

[M.H.L.B. Braz et al., 2011] Maria Helena L.B. Braz, Sean W.M. Siqueira, Diva de S. e S. Rodrigues, Rubens N. Melo. "A semi-automatic strategy for achieving learning content and practice repurposing". *Computers in Human Behavior*, Volume 27, Issue 4, July 2011, Pages 1344-1351, ISSN 0747-5632.

[J. Buder, C. Schwind, 2012] Jürgen Buder, Christina Schwind. "Learning with personalized recommender systems: A psychological view". *Computers in Human Behavior*, Volume 28, Issue 1, January 2012, Pages 207-216, ISSN 0747-5632.

[S. Cakula, M. Sedleniece, 2013] S. Cakula, M. Sedleniece. "Development of a Personalized e-Learning Model Using Methods of Ontology". *Procedia Computer Science*, Volume 26, 2013, Pages 113-120, ISSN 1877-0509.

[N. Capuano et al., 2014] Nicola Capuano, Matteo Gaeta, Pierluigi Ritrovato, Saverio Salerno. "Elicitation of latent learning needs through learning goals recommendation". *Computers in Human Behavior*, Volume 30, January 2014, Pages 663-673, ISSN 0747-5632.

[V. Carchiolo et al., 2010] V. Carchiolo, A. Longheu, M. Malgeri. "Reliable peers and useful resources: Searching for the best personalised learning path in a trust- and recommendation-aware environment". *Information Sciences*, Volume 180, Issue 10, 15 May 2010, Pages 1893-1907, ISSN 0020-0255.

[C. Cechinel et al., 2011] C. Cechinel, S. Sánchez-Alonso, E. García-Barriocanal. "Statistical profiles of highly-rated learning objects". *Computers & Education*, Volume 57, Issue 1, August 2011, Pages 1255-1269, ISSN 0360-1315.

[C. Cechinel et al., 2013] Cristian Cechinel, Miguel-Ángel Sicilia, Salvador Sánchez-Alonso, Elena García-Barriocanal. "Evaluating collaborative filtering recommendations inside large learning object repositories". *Information Processing & Management*, Volume 49, Issue 1, January 2013, Pages 34-50, ISSN 0306-4573.

[G.C. Chalco et al., 2014] Geiser Chalco Chalco, Marco Aurélio Gerosa, Ig lbert Bittencourt, Seiji Isotani. "Automated instructional design for CSCL: A hierarchical task network planning approach". *Expert Systems with Applications*, Volume 41, Issue 8, 15 June 2014, Pages 3777-3798, ISSN 0957-4174.

[R.J. Chenail, 2004] Ronald J. Chenail. "When Disney meets the research park: Metaphors and models for engineering an online learning community of tomorrow". *The Internet and Higher Education*, Volume 7, Issue 2, 2nd Quarter 2004, Pages 107-121, ISSN 1096-7516.

[A. Chiappe, 2007] Andrés Chiappe. *Toward an instructional design model based on learning objects*. Springer, 2007.

[A. Chikh, 2014] Azeddine Chikh. "A general model of learning design objects". *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, Volume 26, Issue 1, January 2014, Pages 29-40, ISSN 1319-1578.

[C. Chiou et al., 2010] Chuang-Kai Chiou, Judy C.R. Tseng, Gwo-Jen Hwang, Shelly Heller. "An adaptive navigation support system for conducting context-aware ubiquitous learning in museums". *Computers & Education*, Volume 55, Issue 2, September 2010, Pages 834-845, ISSN 0360-1315.

[H. Chu et al., 2011] Hui-Chuan Chu, Min-Ju Liao, Tsung-Yi Chen, Chia-Jou Lin, Yuh-Min Chen. "Learning case adaptation for problem-oriented e-Learning on mathematics teaching for students with mild disabilities". *Expert Systems with Applications*, Volume 38, Issue 3, March 2011, Pages 1269-1281, ISSN 0957-4174

[M.Y. Chuttur, 2009] M. Y. Chuttur. "Overview of the Technology Acceptance Model: Origins, Developments and Future Direction". *Sprouts: Working Papers on information Systems*, 9(37).

[K. Chrysafiadi, M. Virvou, 2013] Konstantina Chrysafiadi, Maria Virvou. "Student modeling approaches: A literature review for the last decade". *Expert Systems with Applications*, Volume 40, Issue 11, 1 September 2013, Pages 4715-4729, ISSN 0957-4174.

[K. Clements et al., 2015] Kati Clements, Jan Pawlowski, Nikos Manouselis. "Open educational resources repositories literature review – Towards a comprehensive quality approaches framework". *Computers in Human Behavior*, Volume 51, Part B, October 2015, Pages 1098-1106, ISSN 0747-5632.

[T.H. Dao et al., 2012] Tuan Hung Dao, Seung Ryul Jeong, Hyunchul Ahn. "A novel recommendation model of location-based advertising: Context-Aware Collaborative

Filtering using GA approach”. *Expert Systems with Applications*, Volume 39, Issue 3, 15 February 2012, Pages 3731-3739, ISSN 0957-4174.

[F. Dağ, A. Geçer, 2009] Funda Dağ, Aynur Geçer. “Relations between online learning and learning styles”. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Volume 1, Issue 1, 2009, Pages 862-871, ISSN 1877-0428.

[F. Davis, 1989] F. Davis. “Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use and User Acceptance of Information Technology”. *MIS Quarterly*, vol. 13, nº 3, pp. 319-340, 1989.

[F. Davis, 1993] F. Davis. “User acceptance of information technology: system characteristics, user perceptions and behavioral impacts”. *International Journal of Man–Machine Studies*, vol. 38, nº 3, p. 475–487, 1993.

[F. Davis, V. Venkatesh, 1995] F. Davis, V. Venkatesh. “Measuring user acceptance of emerging information technologies: an assessment of possible method biases”. *Proceedings of the 28th Annual Hawaii International Conference on Systems Sciences*, 729–736, 1995.

[F.A. Dorça et al., 2013] Fabiano A. Dorça, Luciano V. Lima, Márcia A. Fernandes, Carlos R. Lopes. “Comparing strategies for modelling students learning styles through reinforcement learning in adaptive and intelligent educational systems: An experimental analysis”. *Expert Systems with Applications*, Volume 40, Issue 6, May 2013, Pages 2092-2101, ISSN 0957-4174.

[G. Durand et al., 2014] Guillaume Durand, Nabil Belacel, François LaPlante. “Graph theory based model for learning path recommendation”. *Information Sciences*, Volume 251, 1 December 2013, Pages 10-21, ISSN 0020-0255.

[F. Essalmi et al., 2010] Fathi Essalmi, Leila Jemni Ben Ayed, Mohamed Jemni, Kinshuk, Sabine Graf. “A fully personalization strategy of E-Learning scenarios”. *Computers in Human Behavior*, Volume 26, Issue 4, July 2010, Pages 581-591, ISSN 0747-5632.

[F. Essalmi et al., 2015] Fathi Essalmi, Leila Jemni Ben Ayed, Mohamed Jemni, Sabine Graf, Kinshuk. "Generalized metrics for the analysis of E-learning personalization strategies". *Computers in Human Behavior*, Volume 48, July 2015, Pages 310-322, ISSN 0747-5632.

[A. Esteban et al., 2009] A. Esteban-Gil, J.T. Fernández-Breis, D. Castellanos-Nieves, R. Valencia-García, F. García-Sánchez. "Semantic enrichment of SCORM metadata for efficient management of educative contents". *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Volume 1, Issue 1, 2009, Pages 927-932, ISSN 1877-0428.

[M.R. Fani et al., 2012] Mohammad Reza Fani Sani, Nafiseh Mohammadian, Maryam Hoseini. "Ontological Learner Modeling". *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Volume 46, 2012, Pages 5238-5243, ISSN 1877-0428.

[S.A. Gamelel-Din, 2010] Shehab A. Gamalel-Din. "Smart e-Learning: A greater perspective, from the fourth to the fifth generation e-Learning". *Egyptian Informatics Journal*, Volume 11, Issue 1, June 2010, Pages 39-48, ISSN 1110-8665.

[D. Gefen, M. Keil, 1998] D. Gefen, M. Keil. "The impact of developer responsiveness on perception of usefulness and ease of use: an extension of the technology acceptance model". *The Data Base for Advances in Information Systems*, 29(2), 35–49. 1998.

[R.W. Gerard, 1967] R.W. Gerard. "Shaping the mind: computers in education". *Applied Science and Technological Progress*, Washington D.C., 1967.

[M. Gonçalves de Oliveira et al., 2013] Márcia Gonçalves de Oliveira, Patrick Marques Ciarelli, Elias Oliveira. "Recommendation of programming activities by multi-label classification for a formative assessment of students". *Expert Systems with Applications*, Volume 40, Issue 16, 15 November 2013, Pages 6641-6651, ISSN 0957-4174.

[R. González et al., 2011] Rubén González Crespo, Oscar Sanjuán Martínez, Juan Manuel Cueva Lovelle, B. Cristina Pelayo García-Bustelo, José Emilio Labra Gayo,

Patricia Ordoñez de Pablos. "Recommendation System based on user interaction data applied to intelligent electronic books". *Computers in Human Behavior*, Volume 27, Issue 4, July 2011, Pages 1445-1449, ISSN 0747-5632.

[N. Graham, 2001] Nancy Graham. "Are we sharing our toys in the sandpit? Issues surrounding the design, creation, reuse re-purposing of learning objects to support information skills teaching". *Chandos Information Professional Series*, edited by Geoff Walton and Alison Pope, Chandos Publishing, 2011, Pages 121-150, ISBN 9781843346104.

[J. Griffiths et al., 2007] Jessica Griffiths, Geneen Stubbs, Mike Watkins. "From course notes to granules: A guide to deriving Learning Object components". *Computers in Human Behavior*, Volume 23, Issue 6, November 2007, Pages 2696-2720, ISSN 0747-5632.

[M. Guenaga et al., 2012] Mariluz Guenaga, Iratxe Mechaca, Susana Romero, Andoni Eguíluz. "A Tool to Evaluate the Level of Inclusion of Digital Learning Objects". *Procedia Computer Science*, Volume 14, 2012, Pages 148-154, ISSN 1877-0509.

J. Hair, R. Anderson, R. Tatham, W. Black. *Multivariate data analysis*. 5th ed., New York, Prentice Hall, 1998.

[T. Hsieh, T. Wang, 2010] Tung-Cheng Hsieh, Tzone-I Wang. "A mining-based approach on discovering courses pattern for constructing suitable learning path". *Expert Systems with Applications*, Volume 37, Issue 6, June 2010, Pages 4156-4167, ISSN 0957-4174.

[I. Hsu, 2013] I-Ching Hsu. "Integrating ontology technology with folksonomies for personalized social tag recommendation". *Applied Soft Computing*, Volume 13, Issue 8, August 2013, Pages 3745-3750, ISSN 1568-4946.

[C. Hsu, C. Ho, 2012] Chien-Chang Hsu, Chih-Chiang Ho. "The design and implementation of a competency-based intelligent mobile learning system". *Expert*

Systems with Applications, Volume 39, Issue 9, July 2012, Pages 8030-8043, ISSN 0957-4174.

[G. Hwang et al., 2010] Gwo-Jen Hwang, Fan-Ray Kuo, Peng-Yeng Yin, Kuo-Hsien Chuang. "A Heuristic Algorithm for planning personalized learning paths for context-aware ubiquitous learning". *Computers & Education*, Volume 54, Issue 2, February 2010, Pages 404-415, ISSN 0360-1315.

[IEEE LTSC] IEEE Learning Technology Standards Committee, <https://ieeesa.centraldesktop.com/ltsc/>, consultado en septiembre de 2015.

[N. Isaila, 2011] Narcisa Isaila. "Learning systems with modular resources reused". *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Volume 15, 2011, Pages 311-315, ISSN 1877-0428.

[B. Jerman-Blažič, T. Klobučar, 2005] Borka Jerman-Blažič, Tomaž Klobučar. "Privacy provision in e-Learning standardized systems: status and improvements". *Computer Standards & Interfaces*, Volume 27, Issue 6, June 2005, Pages 561-578, ISSN 0920-5489.

R. Johnson, L. Christensen. *Educational Research: Quantitative, Qualitative and Mixed Approaches*. Sage Publications, Inc, 2007.

[M.C. Kasapbasi, 2014] Mustafa Cem Kasapbasi. "Knowledge Management Integrated Web based Course Tutoring System". *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Volume 116, 21 February 2014, Pages 3709-3715, ISSN 1877-0428.

[N. Katuk et al., 2013] Norliza Katuk, Jieun Kim, Hokyoung Ryu. "Experience beyond knowledge: Pragmatic e-Learning systems design with learning experience". *Computers in Human Behavior*, Volume 29, Issue 3, May 2013, Pages 747-758, ISSN 0747-5632.

[R. Kawase et al., 2014] Ricardo Kawase, Patrick Siehndel, Bernardo Pereira Nunes. "Supporting Contextualized Information Finding with Automatic Excerpt Categorization". *Procedia Computer Science*, Volume 35, 2014, Pages 551-559, ISSN 1877-0509.

[S. Kerschenbaum, 2009] Steven Kerschenbaum. "LMS Selection Best Practices". *Adayana Chief Technology Officer*, pp. 1–15.

[D. Kitakoshi et al., 2010] Daisuke Kitakoshi, Hiroyuki Shioya, Ryohei Nakano. "Empirical analysis of an on-line adaptive system using a mixture of Bayesian networks". *Information Sciences*, Volume 180, Issue 15, 1 August 2010, Pages 2856-2874, ISSN 0020-0255.

[A. Klašnja-Milićević, 2011] Aleksandra Klašnja-Milićević, Boban Vesin, Mirjana Ivanović, Zoran Budimac. "E-Learning personalization based on hybrid recommendation strategy and learning style identification". *Computers & Education*, Volume 56, Issue 3, April 2011, Pages 885-899, ISSN 0360-1315.

M. Konstantopoulos, T. Spyrou, J. Darzentas. "The need for academic middleware to support advanced learning services". *Computer Networks*, Volume 37, Issue 6, December 2001, Pages 773-781, ISSN 1389-1286.

[E. Kontopoulos et al., 2008] E. Kontopoulos, D. Vrakas, F. Kokkoras, N. Bassiliades, I. Vlahavas. "An ontology-based planning system for e-course generation". *Expert Systems with Applications*, Volume 35, Issues 1–2, July–August 2008, Pages 398-406, ISSN 0957-4174.

[R. Kresimir et al., 2014] Rakic Kresimir, Bandic Glavas Marijana, Majstorovic Vlado. "Development of the Intelligent System for the Use of University Information System". *Procedia Engineering*, Volume 69, 2014, Pages 402-409, ISSN 1877-7058.

[E. Kurilovas et al., 2014a] E. Kurilovas, S. Serikoviene, R. Vuorikari. "Expert centred vs learner centred approach for evaluating quality and reusability of learning objects".

Computers in Human Behavior, Volume 30, January 2014, Pages 526-534, ISSN 0747-5632.

[E. Kurilovas et al., 2014b] Eugenijus Kurilovas, Inga Zilinskiene, Valentina Dagiene. "Recommending suitable learning scenarios according to learners' preferences: An improved swarm based approach". *Computers in Human Behavior*, Volume 30, January 2014, Pages 550-557, ISSN 0747-5632.

[E. Kurilovas et al., 2014c] Eugenijus Kurilovas, Svetlana Kubilinskiene, Valentina Dagiene. "Web 3.0 – Based personalisation of learning objects in virtual learning environments". *Computers in Human Behavior*, Volume 30, January 2014, Pages 654-662, ISSN 0747-5632.

J. F. Kurose, K.W. Ross. *Redes de computadores. Un enfoque descendente*. 5ª edición, Ed. Pearson, 2010.

[A. Latham et al., 2014] Annabel Latham, Keeley Crockett, David McLean. "An adaptation algorithm for an intelligent natural language tutoring system". *Computers & Education*, Volume 71, February 2014, Pages 97-110, ISSN 0360-1315.

[M. Lee et al., 2008] Ming-Che Lee, Kun Hua Tsai, Tzone I. Wang. "A practical ontology query expansion algorithm for semantic-aware learning objects retrieval". *Computers & Education*, Volume 50, Issue 4, May 2008, Pages 1240-1257, ISSN 0360-1315.

[Y. Li et al., 2014] Yung-Ming Li, Lien-Fa Lin, Yu-Hui Lin. "A recommender mechanism for social knowledge navigation in an online encyclopedia". *Information Processing & Management*, Volume 50, Issue 5, September 2014, Pages 634-652, ISSN 0306-4573.

[S. Liaw, 2007] S. Liaw. "Investigating students' perceived satisfaction, behavioral intention, and effectiveness of e-Learning: A case study of the Blackboard system". *Computers and Education*, vol. 51, pp. 864-873, 2007.

[C. Limongelli et al., 2011] Carla Limongelli, Filippo Sciarrone, Marco Temperini, Giulia Vaste. "The Lecomps5 framework for personalized web-based learning: A teacher's satisfaction perspective". *Computers in Human Behavior*, Volume 27, Issue 4, July 2011, Pages 1310-1320, ISSN 0747-5632.

[C.F. Lin et al., 2014] Chun Fu Lin, Yu Hsin Hung, Ray I. Chang, Shih Hao Hung. "Developing a problem-solving learning system to assess the effects of different materials on learning performance and attitudes". *Computers & Education*, Volume 77, August 2014, Pages 50-66, ISSN 0360-1315.

[I. Liu et al., 2010] I. Liu, M. Chen, Y. Sun, D. Wible, C. Kuo. "Extending the TAM model to explore the factors that affect Intention to Use an Online Learning Community". *Computers and Education*, vol. 54, pp. 600–610, 2010.

[V.F. López et al., 2012] Vivian F. López, Fernando de la Prieta, Mitsunori Ogihara, Ding Ding Wong. "A model for multi-label classification and ranking of learning objects". *Expert Systems with Applications*, Volume 39, Issue 10, August 2012, Pages 8878-8884, ISSN 0957-4174.

[C. Lorenzo et al., 2014] Carlota Lorenzo Romero, María del Carmen Alarcón del Amo, Miguel Ángel Gómez Borja. "Learning Styles and Web Technology use in Business and Economics University Students". *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Volume 141, 25 August 2014, Pages 1281-1290, ISSN 1877-0428.

[I. Mahazir et al., 2013] Irwan Mahazir I., M.N. Norazah, C.R. Ridzwan, A.A. Azwin Arif. "Relationship between the Acceptance of Mobile Learning for AutoCAD Course and Learning Style in Polytechnic". *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Volume 102, 22 November 2013, Pages 177-187, ISSN 1877-0428.

[N. Manouselis, K. Verbert, 2013] Nikos Manouselis, Katrien Verbert. "Layered Evaluation of Multi-Criteria Collaborative Filtering for Scientific Paper Recommendation". *Procedia Computer Science*, Volume 18, 2013, Pages 1189-1197, ISSN 1877-0509.

[J. Marciniak, 2014] Jacek Marciniak. "Building Intelligent Tutoring Systems Immersed in Repositories of E-Learning Content". *Procedia Computer Science*, Volume 35, 2014, Pages 541-550, ISSN 1877-0509.

[L. Marin et al., 2014] Lucas Marin, Antonio Moreno, David Isern. "Automatic preference learning on numeric and multi-valued categorical attributes". *Knowledge-Based Systems*, Volume 56, January 2014, Pages 201-215, ISSN 0950-7051.

[O. Marino, G. Paquette, 2010] Olga Marino, Gilbert Paquette. "A competency-driven advisor system for multi-actor learning environments". *Procedia Computer Science*, Volume 1, Issue 2, 2010, Pages 2871-2876, ISSN 1877-0509.

[O. Marjanovic, 2007] Olivera Marjanovic. "Using process-oriented, sequencing educational technologies: Some important pedagogical issues". *Computers in Human Behavior*, Volume 23, Issue 6, November 2007, Pages 2742-2759, ISSN 0747-5632.

R. Matthews, Hew Soon Hin, Koo Ah Choo. "Comparative Study of Self-test Questions and Self-assessment Object for Introductory Programming Lessons". *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Volume 176, 20 February 2015, Pages 236-242, ISSN 1877-0428.

[A. Mauthe, P. Thomas, 2004] Andreas Mauthe, Peter Thomas. *Professional Content Management Systems: Handling Digital Media Assets*. John Wiley & Sons, ISBN 978-0-470-85542-3.

[R. McGreal, 2004] R. McGreal. "Learning objects: a practical definition". *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning* 1 (9).

[P. de Meo et al., 2007] Pasquale De Meo, Alfredo Garro, Giorgio Terracina, Domenico Ursino. "Personalizing learning programs with X-Learn, an XML-based, user-device adaptive multi-agent system". *Information Sciences*, Volume 177, Issue 8, 15 April 2007.

[MERLOT] Multimedia Educational Resource for Learning and Online Teaching,

<http://www.merlot.org/merlot/index.htm>, consultado en septiembre de 2015.

[L.S. Mestre, 2012a] Lori S. Mestre. "Effective design of learning objects". En: *Chandos Learning and Teaching Series*, edited by Lori S. Mestre, Chandos Publishing, 2012, Pages 103-139, Designing Effective Library Tutorials, ISBN 9781843346883.

[L.S. Mestre, 2012b] Lori S. Mestre. "Overview of learning style theories and learning style results from the Mestre study". En: *Chandos Learning and Teaching Series*, edited by Lori S. Mestre, Chandos Publishing, 2012, Pages 19-31, Designing Effective Library Tutorials, ISBN 9781843346883.

[L.S. Mestre, 2012c] L. S. Mestre. "The value and process of usability studies". En: *Chandos Learning and Teaching Series*, edited by Lori S. Mestre, Chandos Publishing, 2012, Pages 223-246, Designing Effective Library Tutorials, ISBN 9781843346883.

[L.S. Mestre, 2013] Lori S. Mestre. "The intersection of culture and learning styles". En: *Chandos Learning and Teaching Series*, edited by Lori S. Mestre, Chandos Publishing, 2012, Pages 33-53, Designing Effective Library Tutorials, ISBN 9781843346883.

[F. A. Mikic et al., 2012] Fernando A. Mikic Fonte, Juan C. Burguillo, Martín Llamas Nistal. "An intelligent tutoring module controlled by BDI agents for an e-Learning platform". *Expert Systems with Applications*, Volume 39, Issue 8, 15 June 2012, Pages 7546-7554, ISSN 0957-4174.

[J.A. Muzio et al., 2002] Jeanette A. Muzio, Tanya Heins, Roger Mundell. "Experiences with reusable E-Learning objects: From theory to practice". *The Internet and Higher Education*, Volume 5, Issue 1, 1st Quarter 2002, Pages 21-34, ISSN 1096-7516.

[S. Narciss et al., 2014] Susanne Narciss, Sergey Sosnovsky, Lenka Schnaubert, Eric Andrès, Anja Eichelmann, George Gogvadze, Erica Melis. "Exploring feedback and student characteristics relevant for personalizing feedback strategies". *Computers & Education*, Volume 71, February 2014, Pages 56-76, ISSN 0360-1315.

[E. Ngai et al., 2007] E. Ngai, J. Poon, Y. Chan. "Empirical examination of the adoption of WebCT using TAM". *Computers and Education*, vol. 48, pp. 250-267, 2007.

[M. Nilashi et al., 2014] Mehrbakhsh Nilashi, Othman bin Ibrahim, Norafida Ithnin. "Hybrid recommendation approaches for multi-criteria collaborative filtering". *Expert Systems with Applications*, Volume 41, Issue 8, 15 June 2014, Pages 3879-3900, ISSN 0957-4174.

[U. Ocepek et al., 2013] Uroš Ocepek, Zoran Bosnić, Irena Nančovska Šerbec, Jože Rugelj. "Exploring the relation between learning style models and preferred multimedia types". *Computers & Education*, Volume 69, November 2013, Pages 343-355, ISSN 0360-1315.

[C. Ong et al., 2004] C. Ong, J. Lai, Y. Wang. "Factors affecting engineers' acceptance of asynchronous e-Learning system in high-tech companies". *Information and Management*, vol. 41, p. 795-804, 2004.

[Ö. Özyurt et al., 2012] Özcan Özyurt, Hacer Özyurt, Adnan Baki, Bülent Güven, Hasan Karal. "Evaluation of an adaptive and intelligent educational hypermedia for enhanced individual learning of mathematics: A qualitative study". *Expert Systems with Applications*, Volume 39, Issue 15, 1 November 2012, Pages 12092-12104, ISSN 0957-4174.

[Ö. Özyurt et al., 2013a] Özcan Özyurt, Hacer Özyurt, Adnan Baki. "Design and development of an innovative individualized adaptive and intelligent e-Learning system for teaching-learning of probability unit: Details of UZWEBMAT". *Expert Systems with Applications*, Volume 40, Issue 8, 15 June 2013, Pages 2914-2940, ISSN 0957-4174.

[Ö. Özyurt et al., 2013b] Özcan Özyurt, Hacer Özyurt, Adnan Baki, Bülent Güven. "Integration into mathematics classrooms of an adaptive and intelligent individualized e-Learning environment: Implementation and evaluation of UZWEBMAT". *Computers in Human Behavior*, Volume 29, Issue 3, May 2013, Pages 726-738, ISSN 0747-5632.

[Ö. Özyurt et al., 2014] Özcan Özyurt, Hacer Özyurt, Bülent Güven, Adnan Baki. "The effects of UZWEBMAT on the probability unit achievement of Turkish eleventh grade students and the reasons for such effects". *Computers & Education*, Volume 75, June 2014, Pages 1-18, ISSN 0360-1315.

[C. Pan et al., 2005] C. Pan, G. Gunter, S. Sivo, R. Cornell. "End-user acceptance of a learning management system in two hybrid large-sized introductory undergraduate courses: A case study". *Journal of Educational Technology System*, vol. 33, nº 4, p. 355–365, 2005.

[A. Peña et al., 2014] Alejandro Peña Ayala, Humberto Sossa, Ignacio Méndez. "Activity theory as a framework for building adaptive e-Learning systems: A case to provide empirical evidence". *Computers in Human Behavior*, Volume 30, January 2014, Pages 131-145, ISSN 0747-5632.

[Y.A. Pollalis, G. Mavrommatis, 2009] Yannis A. Pollalis, George Mavrommatis. "Using similarity measures for collaborating group formation: A model for distance learning environments". *European Journal of Operational Research*, Volume 193, Issue 2, 1 March 2009, Pages 626-636, ISSN 0377-2217.

[D. Pons et al., 2015] Daniel Pons, José Ramón Hilera, Luis Fernández, Carmen Pagés. "A Learning Quality Metadata approach: Automatic quality assessment of virtual training from metadata". *Computer Standards & Interfaces*, disponible online a partir del 10 de diciembre de 2015, ISSN 0920-5489.

A. Priya Dharshini, S. Chandrakumarmangalam, G. Arthi. "Ant colony optimization for competency based learning objects sequencing in e-learning". *Applied Mathematics and Computation*, Volume 263, 15 July 2015, Pages 332-341, ISSN 0096-3003.

[E. Raaij, J. Schepers, 2008] E. Raaij, J. Schepers. "The acceptance and use of a virtual learning environment in China". *Computers and Education*, vol. 50, pp. 838-852, 2008.

[F. Ramos de Melo et al., 2014] Francisco Ramos de Melo, Edna Lucia Flôres, Sirlon Diniz de Carvalho, Ricardo Antonio Gonçalves de Teixeira, Luis Fernando Batista Loja, Renato de Sousa Gomide. "Computational organization of didactic contents for personalized virtual learning environments". *Computers & Education*, Volume 79, October 2014, Pages 126-137, ISSN 0360-1315.

[M. Reichelt et al., 2014] Maria Reichelt, Frauke Kämmerer, Helmut M. Niegemann, Steffi Zander. "Talk to me personally: Personalization of language style in computer-based learning". *Computers in Human Behavior*, Volume 35, June 2014, Pages 199-210, ISSN 0747-5632.

[M. Rey et al., 2009] Marta Rey López, Rebeca P. Díaz-Redondo, Ana Fernández Vilas, José J. Pazos-Arias, Jorge García-Duque, Alberto Gil-Solla, Manuel Ramos-Cabrer. "An extension to the ADL SCORM standard to support adaptivity: The t-learning case-study". *Computer Standards & Interfaces*, Volume 31, Issue 2, February 2009, Pages 309-318, ISSN 0920-5489.

G.T. Richard. "Employing Physical Computing in Education: How Teachers and Students Utilized Physical Computing to Develop Embodied and Tangible Learning Objects". *The International Journal of Technology, Knowledge and Society*, 2010.

[V.A. Romero, D. Burgos, 2010] Vicente Arturo Romero Zaldivar, Daniel Burgos. "Meta-Mender: A meta-rule based recommendation system for educational applications". *Procedia Computer Science*, Volume 1, Issue 2, 2010, Pages 2877-2882, ISSN 1877-0509.

[J.E. Rojas, 2012] Javier Enrique Rojas Moreno. "Adaptation of Learning Strategies in Learning Objects for using Learning Styles". *IERI Procedia*, Volume 2, 2012, Pages 808-814, ISSN 2212-6678.

M.A. Rubio, C. Mañoso, Á. Pérez de Madrid. "Using Arduino to enhance computer programming courses in science and engineering: A Survey of Fractional-Order Generalized Predictive Control". *EDULEARN13 Conference*, 5Th International

Conference on Education and new Learning Technologies, Barcelona (Spain) pp. 5127-5133, 2013.

[N.A. Sahabudin, M.B. Ali, 2013] Noor Azida Sahabudin, Mohamad Bilal Ali. "Personalized Learning and Learning Style among Upper Secondary School Students". *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Volume 103, 26 November 2013, Pages 710-716, ISSN 1877-0428.

[M.A. Salahli et al., 2012] Mehmet Ali Salahli, Muzaffer Ozdemir, Cumali Yasar. "Building a Fuzzy Knowledge Management System for Personalized E-Learning". *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Volume 46, 2012, Pages 1978-1982, ISSN 1877-0428.

[B. Saleena, S.K. Srivatsa, 2014] B. Saleena, S.K. Srivatsa. "Using concept similarity in cross ontology for adaptive e-Learning systems". *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, Available online 29 May 2014, ISSN 1319-1578.

[M. Salehi, 2013] Mojtaba Salehi. "Application of implicit and explicit attribute based collaborative filtering and BIDE for learning resource recommendation". *Data & Knowledge Engineering*, Volume 87, September 2013, Pages 130-145, ISSN 0169-023X.

[M. Salehi, I.N. Kamalabadi, 2013] Mojtaba Salehi, Isa Nakhai Kamalabadi. "Hybrid recommendation approach for learning material based on sequential pattern of the accessed material and the learner's preference tree". *Knowledge-Based Systems*, Volume 48, August 2013, Pages 57-69, ISSN 0950-7051.

[M. Salehi et al., 2013] Mojtaba Salehi, Mohammad Pourzaferani, Seyed Amir Razavi. "Hybrid attribute-based recommender system for learning material using genetic algorithm and a multidimensional information model". *Egyptian Informatics Journal*, Volume 14, Issue 1, March 2013, Pages 67-78, ISSN 1110-8665.

J. A. Sánchez, Claudia Pérez Lezama, Oleg Starostenko. "A Formal Specification for the Collaborative Development of Learning objects". *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Volume 182, 13 May 2015, Pages 726-731, ISSN 1877-0428.

[S. Sánchez-Alonso, Y. Vovides, 2007] Salvador Sánchez-Alonso, Yianna Vovides. "Integration of metacognitive skills in the design of learning objects". *Computers in Human Behavior*, Volume 23, Issue 6, November 2007, Pages 2585-2595, ISSN 0747-5632.

[N.A. Segura et al., 2011] N. Alejandra Segura, Salvador-Sánchez, Elena García-Barriocanal, Manuel Prieto. "An empirical analysis of ontology-based query expansion for learning resource searches using MERLOT and the Gene ontology". *Knowledge-Based Systems*, Volume 24, Issue 1, February 2011, Pages 119-133, ISSN 0950-7051.

[H. M. Selim, 2002] H. M. Selim. "An empirical investigation of student acceptance of course websites". *Computers and Education*, vol. 40, p. 343–360, 2002.

V. Shmelev, M. Karpova, A. Dukhanov. "An Approach of Learning Path Sequencing Based on Revised Bloom's Taxonomy and Domain Ontologies with the Use of Genetic Algorithms". *Procedia Computer Science*, Volume 66, 2015, Pages 711-719, ISSN 1877-0509.

[M.A. Sicilia et al., 2010] Miguel Ángel Sicilia, Elena García Barriocanal, Salvador Sánchez Alonso, Cristian Cechinel. "Exploring user-based recommender results in large learning object repositories: the case of MERLOT". *Procedia Computer Science*, Volume 1, Issue 2, 2010, Pages 2859-2864, ISSN 1877-0509.

[P. Sobreira, P. Tchounikine, 2015] Péricles Sobreira, Pierre Tchounikine. "Table-based representations can be used to offer easy-to-use, flexible, and adaptable learning scenario editors". *Computers & Education*, Volume 80, January 2015, Pages 15-27, ISSN 0360-1315.

[L.H. Son, 2014] Le Hoang Son. "HU-FCF: A hybrid user-based fuzzy collaborative filtering method in Recommender Systems". *Expert Systems with Applications*, Volume 41, Issue 15, 1 November 2014, Pages 6861-6870, ISSN 0957-4174.

[A.M. Spalter, A. van Dam, 2003] Anne Morgan Spalter, Andries van Dam. "Problems with using components in educational software". *Computers & Graphics*, Volume 27, Issue 3, June 2003, Pages 329-337, ISSN 0097-8493.

[S. Tejada et al., 2001] Sheila Tejada, Craig A. Knoblock, Steven Minton. "Learning object identification rules for information integration". *Information Systems*, Volume 26, Issue 8, December 2001, Pages 607-633, ISSN 0306-4379.

[M. Thangaraj, G. Sujatha, 2014] M. Thangaraj, G. Sujatha. "An architectural design for effective information retrieval in semantic web". *Expert Systems with Applications*, Volume 41, Issue 18, 15 December 2014, Pages 8225-8233, ISSN 0957-4174.

[R. Thompson, G. Rose, 1994] R. Thompson, G. Rose. "Information Technology adoption and use". *Administrative Sciences Association of Canada (ASAC)*, pp. 16–26, 1994.

Daniel Tocháček. "Use of Digital learning objects Across Borders: Research on Travel Well Criteria". *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Volume 171, 16 January 2015, Pages 1209-1213, ISSN 1877-0428.

[I.N. Umar, T.H. Hiu, 2012] Irfan Naufal Umar, Tie Hui Hui. "Learning Style, Metaphor and Pair Programming: Do they Influence Performance?". *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Volume 46, 2012, Pages 5603-5609, ISSN 1877-0428.

M.C. Valiente, M.A. Sicilia, E. Garcia Barriocanal, Enayat Rajabi. "Adopting the metadata approach to improve the search and analysis of educational resources for online learning". *Computers in Human Behavior*, Volume 51, Part B, October 2015, Pages 1134-1141, ISSN 0747-5632.

[M. Vandewaetere et al., 2011] Mieke Vandewaetere, Piet Desmet, Geraldine Clarebout. "The contribution of learner characteristics in the development of computer-based adaptive learning environments". *Computers in Human Behavior*, Volume 27, Issue 1, January 2011, Pages 118-130, ISSN 0747-5632.

[G. Vega et al., 2010] Guillermo Vega Gorgojo, Miguel L. Bote Lorenzo, Juan I. Asensio Pérez, Eduardo Gómez Sánchez, Yannis A. Dimitriadis, Iván M. Jorrín Abellán. "Semantic search of tools for collaborative learning with the Ontoolsearch system". *Computers & Education*, Volume 54, Issue 4, May 2010, Pages 835-848, ISSN 0360-1315.

[B. Vesin et al., 2012] Boban Vesin, Mirjana Ivanović, Aleksandra Klašnja-Milićević, Zoran Budimac. "Protus 2.0: Ontology-based semantic recommendation in programming tutoring system". *Expert Systems with Applications*, Volume 39, Issue 15, 1 November 2012, Pages 12229-12246, ISSN 0957-4174.

S. Waiyakoon, J. Khlaisang, P. Koraneekij. "Development of an Instructional learning object Design Model for Tablets Using Game-based Learning with Scaffolding to Enhance Mathematical Concepts for Mathematic Learning Disability Students". *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Volume 174, 12 February 2015, Pages 1489-1496, ISSN 1877-0428.

[H. Wang, C. Hsu, 2006] Hei-Chia Wang, Chien-Wei Hsu. "Teaching-Material Design Center: An ontology-based system for customizing reusable e-materials". *Computers & Education*, Volume 46, Issue 4, May 2006, Pages 458-470, ISSN 0360-1315.

[J. Wang et al., 2014] Jingyun Wang, Takahiko Mendori, Juan Xiong. "A language learning support system using course-centered ontology and its evaluation". *Computers & Education*, Volume 78, September 2014, Pages 278-293, ISSN 0360-1315.

[T.I. Wang et al., 2009] Tzone I. Wang, Tung Cheng Hsieh, Kun Hua Tsai, Ti Kai Chiu, Ming Che Lee. "Partially constructed knowledge for semantic query". *Expert Systems*

with Applications, Volume 36, Issue 6, August 2009, Pages 10168-10179, ISSN 0957-4174.

[W. Watson, 2007] William R. Watson. "An Argument for Clarity: What are Learning Management Systems, What are They Not, and What Should They Become?". *TechTrends* 51 (2), pp. 28–34, 2013.

[M. Yaghmaie, A. Bahreininejad, 2011] Mahkameh Yaghmaie, Ardeshir Bahreininejad. "A context-aware adaptive learning system using agents". *Expert Systems with Applications*, Volume 38, Issue 4, April 2011, Pages 3280-3286, ISSN 0957-4174.

[Y.J. Yang, C. Wu, 2009] Yao Jung Yang, Chuni Wu. "An attribute-based ant colony system for adaptative learning object recommendation". *Expert Systems with Applications*, Volume 36, Issue 2, Part 2, March 2009, Pages 3034-3047, ISSN 0957-4174.

[Y. Yang et al., 2013] Yang Yang, Howard Leung, Lihua Yue, Liqun Deng. "Generating a two-phase lesson for guiding beginners to learn basic dance movements". *Computers & Education*, Volume 61, February 2013, Pages 1-20, ISSN 0360-1315.

[M. Yi, Y. Hwang, 2003] M. Yi, Y. Hwang. "Predicting the use of web-based information systems: Selfefficacy, enjoyment, learning goal orientation, and the technology acceptance model". *International Journal of Human Computer Studies*, vol. 59, p. 431–449, 2003.

[T. Yigit et al., 2014] Tuncay Yigit, Ali Hakan Isik, Murat Ince. "Multi Criteria Decision Making System for Learning Object Repository". *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Volume 141, 25 August 2014, Pages 813-816, ISSN 1877-0428.

[N.M. Zaid, S.K. Lau, 2014] Norasykin Mohd Zaid, Sim Kim Lau. "Emerging of Academic Information Search System with Ontology-based Approach". *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Volume 116, 21 February 2014, Pages 132-138, ISSN 1877-0428.

[A. Zapata et al., 2013] A. Zapata, V.H. Menéndez, M.E. Prieto, C. Romero. "A framework for recommendation in learning object repositories: An example of application in civil engineering". *Advances in Engineering Software*, Volume 56, February 2013, Pages 1-14, ISSN 0965-9978.

[A. Zapata et al., 2015] Alfredo Zapata, Víctor H. Menéndez, Manuel E. Prieto, Cristóbal Romero. "Evaluation and selection of group recommendation strategies for collaborative searching of learning objects". *International Journal of Human-Computer Studies*, Volume 76, April 2015, Pages 22-39, ISSN 1071-5819.

[R. Zatarain et al., 2011] Ramón Zatarain Cabada, María Lucía Barrón Estrada, Carlos Alberto Reyes García. "EDUCA: A web 2.0 authoring tool for developing adaptive and intelligent tutoring systems using a Kohonen network". *Expert Systems with Applications*, Volume 38, Issue 8, August 2011, Pages 9522-9529, ISSN 0957-4174.

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a las personas que aquí cito, lo que, de una forma u otra, han hecho para favorecer el desarrollo de esta tesis: Dr. Antonio Vázquez Hoehne, Secretario de la Comisión de Doctorado del Departamento de Ingeniería Topográfica y Cartografía; Beatriz Garrudo Esteban, Jefa de Negociado de la Sección de Doctorado y Postgrado del Vicerrectorado de Planificación Académica y Doctorado de la U.P.M.; Dr. José Fábrega Golpe, Subdirector de Doctorado, Investigación y Postgrado de la E.T.S. de Ingeniería en Topografía, Geodesia y Cartografía; Dr. Ángel Pérez de Madrid y Pablo, Profesor de la E.T.S. de Ingeniería Informática de la U.N.E.D.; Dr. Loïc Martínez Normand, Profesor del Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos de la E.T.S. de Ingeniería en Informática de la U.P.M.; y en especial, tanto al Dr. Agustín Molina García, director de esta tesis y Profesor del Departamento de Ingeniería Topográfica y Cartografía, como al Dr. Rafael Eugenio Guadalupe García, Profesor del Departamento de Ingeniería Topográfica y Cartografía.

DEDICATORIA

A mis hijos.