

# ADAPTACIÓN Y DIFUSIÓN DE CONTENIDOS DIGITALES DE SIMULACIÓN MEDIANTE RECURSOS EDUCATIVOS ABIERTOS

M. LATORRE<sup>1</sup>, M. BLÁZQUEZ<sup>1</sup>, M. CASTRO<sup>1</sup>, L. ZORITA<sup>2</sup> Y A. LÓPEZ MEDINA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Electrónica. Escuela Técnica Superior de Ingeniería. Universidad Nacional de Educación a Distancia. España.

*pelaga@gmail.com, manuel.blazquez.merino@gmail.com, mcastro@ieec.uned.es*

<sup>2</sup>Biblioteca. Universidad Nacional de Educación a Distancia. España.

*lzorita@pas.uned.es, alopezm@pas.uned.es*

*El estudio de sistemas electrónicos conlleva una dificultad añadida debido a los numerosos elementos a desarrollar, tanto en la fase de análisis como en el diseño de los circuitos. Por ello disponer de ejemplos prácticos supone una ayuda valiosa para profundizar o consolidar ciertos conceptos. Sin embargo, localizar documentos sobre temas muy puntuales no resulta eficiente en un medio como la red de redes. El uso de repositorios digitales ha supuesto un avance en este sentido, pero, requiere establecer unas pautas lo más sencillas posibles que permitan al formador ofrecer sus trabajos en un tiempo razonable sin sumergirse en un interminable galimatías de especificaciones técnicas. En este documento se tratan dichos detalles partiendo de la ayuda de un repositorio, con el propósito de conseguir realizar el cambio definitivo a la publicación de contenidos basados en objetos digitales educativos, facilitando su almacenamiento y recuperación posterior en las plataformas de aprendizaje.*

## 1. Introducción

Las plataformas de aprendizaje basadas en estándares aportan una mejora considerable en la dinámica de aprendizaje para profesores y estudiantes. Si nos fijamos en sus características más notables, encontramos la capacidad de transferir o visualizar recursos educativos entre distintos entornos de trabajo sin realizar modificaciones al propio contenido durante el proceso [1]. No obstante, los nuevos formatos de empaquetado IMS CP, SCORM (Shareable Content Object Reference Model) y los conceptos detrás de ellos como los objetos de aprendizaje [2], requieren plantear métodos adicionales con los cuales generar actividades aptas para su integración en los LMS/LCMS. Otra cuestión importante es simplificar la edición de las mismas a la vez que enriquecemos su contenido.

No existe una solución única capaz de englobar todas las experiencias educativas posibles. Aun así, la aplicación de las tecnologías Web abre la puerta a mejorar la, en muchas ocasiones, costosa tarea de encontrar materiales didácticos sobre una idea específica. En el caso del DIEEC se ha ido haciendo uso de una vasta colección de contenidos digitales de simulación por ordenador, destinados a la evaluación del progreso del estudiante antes de que éste verifique su funcionamiento en los montajes prácticos de laboratorio. Dado su elevado número y dispersión en los libros de texto se ha llevado a cabo una recopilación de todos ellos, organizándolos dentro de una estructura fácilmente accesible mediante un repositorio. La siguiente acción consistirá en generar objetos completos (objetivos, demostración, práctica y evaluación) de modo que cualquiera interesado en alguna de las disciplinas tratadas pueda encontrarlos

de forma eficiente e importarlos a su entorno de aprendizaje. En los próximos apartados se contemplan los pasos principales para implementar una infraestructura que cumpla esos requisitos.

## 2. Repositorios institucionales: la respuesta a la dispersión de los contenidos digitales

Para comprender la tarea que se expondrá a continuación no podemos olvidarnos de citar las herramientas principales de la enseñanza a distancia apoyada en la Web o eLearning. Las nuevas soluciones de autoría basadas en estándares abiertos, las omnipresentes plataformas de administración del aprendizaje (LMS - Learning Management Systems), aquellas que integran a su vez la edición de los contenidos (LCMS - Learning Content Management Systems), y, los repositorios, forman una red de intercambio de información muy eficiente [3]. Si combinamos sus beneficios obtendremos una experiencia de aprendizaje mucho más variada, con una diversidad de actividades superior a la de los documentos convencionales: presentaciones, videos, etc. Separar las interacciones de los contenidos y su organización implica así mismo aumentar el rango de aplicaciones donde poder editar la información escrita [4]. Estas dos propiedades mencionadas ya suponen un salto cualitativo respecto a la metodología previa, pero aún hemos de añadir el carácter multilinguaje o la posibilidad de ofrecer en varios idiomas un mismo recurso, y la obtención de resultados sin efectuar búsquedas. Se pueden explorar colecciones sobre un tema que se ajusten a nuestros criterios con precisión: disciplina, nivel de dificultad e incluso relaciones según la referencia citada por autor o institución académica.

Todo este valor añadido a los contenidos se obtiene empaquetándolos junto a su descripción y la organización definida (orden de las acciones a realizar, elementos a evaluar...). Los metadatos descriptivos se encargan de la primera función, siendo Dublin Core e IEEE LOM (Learning Object Metadata) los más extendidos en el ámbito universitario. Estos se almacenan en un depósito para hacer accesibles las características más importantes [5] –generales, educativas, técnicas y condiciones de uso– al usuario u otros repositorios. Desafortunadamente, la elevada complejidad inicial en el desarrollo de los objetos impone un obstáculo a los autores. Desde la elección del perfil de aplicación [6] más apropiado, el tamaño final (granularidad), la nomenclatura de los archivos en un paquete o sus diferentes tipos. La clasificación típica de los textos no tiene en cuenta este punto (ver Figura 1). Por dicha razón se ha tratado de definir una cantidad global de tipos de recursos lo más reducida posible para facilitar su comprensión, eso sí, sin dejar atrás sus otras capacidades. En el e-Espacio [7], el repositorio de la UNED, se tiene:

- recursos estáticos, aquellos archivos originales empleados hasta ahora (imágenes, pdf, doc, etc.)
- agrupaciones de recursos, es decir, varios recursos estáticos importables entre repositorios, y,
- objetos de aprendizaje (OA), unidades con significado completo: una idea, un tema, curso, etc.

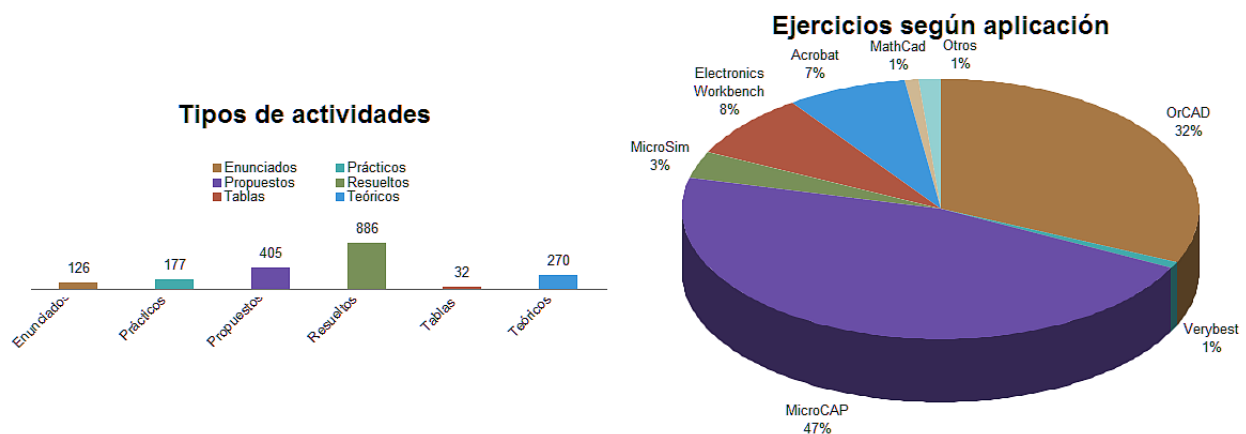
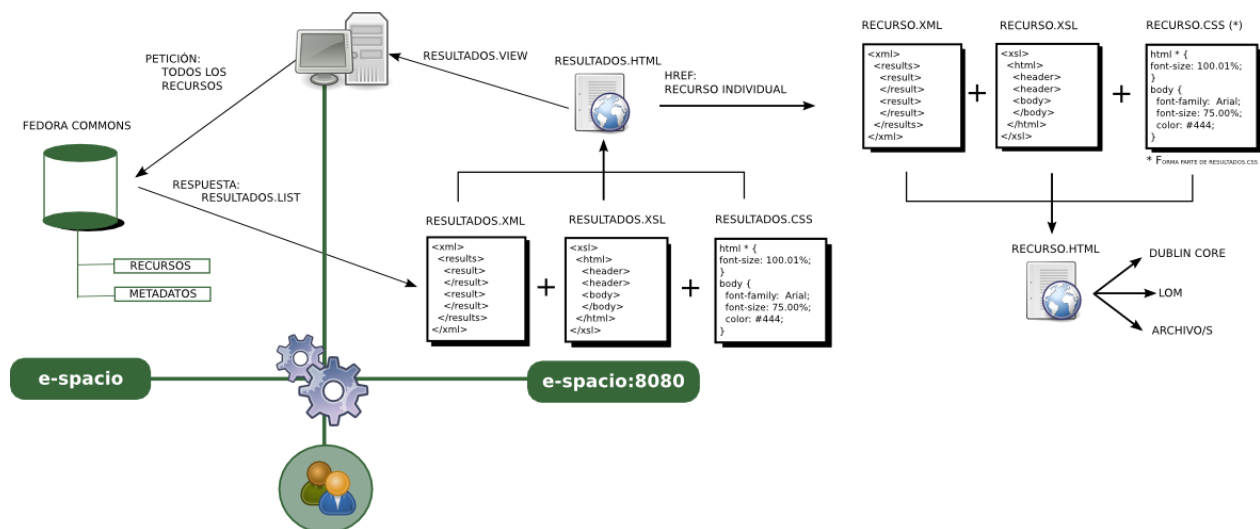


Figura 1. Estadísticas globales de los recursos recopilados.

Aunque por ahora se encuentran prácticamente la mayoría en la primera categoría, aprovechando los medios del repositorio generaremos OA a partir de varios recursos estáticos, filtrando con los metadatos aquellos materiales que van asociados a un tema concreto. Sólo de esta forma se recuperarán títulos, que en caso contrario quedarían aislados bien por la desaparición del programa o la incapacidad de saber cómo utilizarlos [8]. En general resulta imprescindible explicar el contexto de uso y el procedimiento de creación de los objetos [9] para extender su utilización en el flujo de trabajo, al igual que ha sucedido con cualquiera de las aplicaciones informáticas de la vida cotidiana.

Si enfocamos la atención al caso de la Electrónica se pueden extraer algunas conclusiones válidas también para otras disciplinas encuadradas dentro de estudios de ingeniería. La proliferación de herramientas de diseño asistido y verificación de circuitos [10] ha conllevado una mejor interpretación y reducción de costes de los montajes en la práctica, así como aportar un entorno totalmente seguro para el estudiante. Además el instructor es capaz de efectuar evaluaciones con vistas a los experimentos reales. Sin embargo, no todo es positivo, ya que estos programas son en la mayoría de las situaciones versiones de prueba con limitaciones. Destaca la caducidad y ausencia de soporte técnico [11] si no se actualiza constantemente a las nuevas versiones o la incómoda tarea de instalar el software en todos los equipos. No extraña el interés demostrado por los laboratorios remotos y virtuales [12] para cubrir tales deficiencias. Aquí surge una cuestión, ¿y si integrásemos la ubicuidad de estas herramientas con la versatilidad que proporcionan los objetos educativos abiertos en la Web? Este será el camino a seguir desde el momento actual y en adelante.

El primer paso de esta conversión ha consistido en adjuntar la descripción correspondiente de forma semiautomática [13] a los archivos originales, es decir, diagramas de circuitos, listas de conexiones, ejercicios (teóricos, resueltos), tablas de resultados y tutoriales. Este etiquetado ha requerido catalogar los ficheros con unas determinadas restricciones para no crearlos directamente uno a uno: extensión, nº de tema o libro de texto. Después de esta fase volcamos las parejas recurso-metadatos en el catálogo de la Biblioteca de la UNED.



**Figura 2.** Funcionamiento del repositorio de recursos educativos.

### 3. Construcción de la base para generar objetos. La comunidad del DIEEC en el e-Espacio

En este proyecto se propuso la creación del repositorio como vía de acceso a materiales ya existentes. Se considera más atractivo ofrecer un fondo de recursos educativos ampliamente contrastado desde el cual moldear los cuatro componentes de todo OA, y no unos pocos objetos completos. En este punto se analizan las distintas partes del depósito.

La modularidad se tiene en cuenta como un factor importante [14] en muchos ámbitos de la ingeniería dado que simplifica la comprensión de sistemas de gran tamaño, información compleja o muy abundante, a través de la manipulación de los bloques individuales que los constituyen. Este enfoque se ha seguido en la implementación del repositorio. Encontramos entonces varios módulos: visualización y exploración de los recursos con sus metadatos (fichas, enlaces únicos de descarga), búsqueda interna, distribución de las descripciones estructuradas, gestión interna de acceso o cuentas de usuario, y, su edición. Nos centraremos en los tres primeros, por haber sido los programados hasta la fecha de este documento.

#### 3.1. Interfaz de exploración

El módulo de visualización Web (ver Figura 3) se ha desarrollado como una aplicación Web completamente independiente del depósito global, específicamente en el puerto 8080 de TCP/IP (Transmission Control Protocol). A efectos de aquel, los 1896 recursos son una colección más al navegar por comunidades: Objetos de aprendizaje del Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Control. Dentro de ella se alojan a su vez las restantes categorías, como temas, rama o año al que pertenecen. Este programa que se ejecuta en el servidor consta de un convertidor de descripciones XML (eXtensible Markup Language) en documentos estructurados XHTML, los cuales son directamente visibles en cualquier cliente. La transformación se produce a través de hojas de estilo en el lenguaje XSLT (eXtensible Stylesheet Language Transformations) [15]. Los desarrolladores se basan en plantillas sobre sentencias XQuery y rutas XPath para acotar las diferentes secciones en las cuales se han dividido los metadatos.

The screenshot shows a web interface for searching and viewing digital resources. At the top, there are navigation tabs for 'e-Espacio', 'Biblioteca UNED', 'DIEEC', 'TeleUNED', and 'INTECCA'. A search bar is present with options for 'Simple' and 'Avanzada' search, and a 'Recorrer los campos' button. The search results are displayed in a table with columns for 'Título', 'Relevancia', 'Fecha', 'Autor', 'Descripción', 'Descargar', and 'Fuente'. A detailed view of a resource is shown on the right, including a 'Resumen' section with a description of the resource, a 'Resultados' section with metadata like 'Tipo de recurso: estático' and 'Tamaño: 2.34 Kilobytes', and an 'Estadísticas' section with a bar chart showing the number of items in various categories: Enunciados (130), Prácticos (71), Propuestos (280), Resueltos (200), Tablas (100), and Técnicos (700).

Título	Relevancia	Fecha	Autor	Descripción	Descargar	Fuente
1. Explicación del problema teórico 8.5.0.0 (Requiere Plataforma Adobe Reader 5.0 o superior)	100%	2004	Manuel Alonso Castro Gil Eugenio López Aldea Francisco García Sevilla Pedro Carrión Pérez Salvador Martínez García Fernando Yebes Gutiérrez Juan Peire Arroba Juan Antonio Martínez Cervera Rogelio José García Alonso Francisco Mur Pérez Carlos de Mora Euedia José Carpio Ibáñez	Enunciado y análisis real	<a href="#">Amplificador</a>	<a href="#">referencial</a> LOM

Figura 3. Interfaz de usuario XHTML del repositorio de objetos y control de la entrada en las búsquedas.

Su sintaxis otorga una gran libertad a la hora de manipular grandes conjuntos de datos frente a otros métodos con bases de datos sobre tablas. Este modelo orientado al documento permite combinar múltiples fuentes con estructuras muy diferentes conociendo únicamente sus respectivos espacios de nombres [16]. Así se evitan conflictos al mezclar artículos muy similares en su estructura provenientes de departamentos diferentes, precediendo sus elementos con el código correcto (por ej. `dieec:titulo` y `bibliuned:titulo`). Otra funcionalidad es la generación de páginas a partir de feeds RSS (Rich Site Summary), extracción de datos actualizados relacionados con un recurso –ubicación geográfica, últimos acontecimientos, etc. – entre bases de datos sin conocer su implementación, hasta la simple agrupación de varios documentos: resúmenes, estadísticas de tendencias, deducción de relaciones entre autores, etc. [17]. La plataforma permite conservar versiones distintas de un mismo recurso asignándoles sus metadatos correspondientes (autor de las modificaciones, cambios realizados, múltiples tipos de archivo...) y guardar sus características en formatos alternativos como DC o listas separadas por comas.

Se ha tratado de aprovechar estas posibilidades en la interfaz de usuario, mostrando en todo momento la información más relevante para el estudiante (tipo de ejercicios, curso o tema actual) y a los instructores (filtrado por autor, últimos cambios o recursos más accedidos) sin llegar al exceso; las fichas de metadatos LOM contienen más de 70 campos y no es absolutamente crucial para cada visitante. El comportamiento típico es leer el título de interés y descargar la coincidencia para su consulta de forma local, como se ha podido observar en la trayectoria del e-Espacio a lo largo de un año.

### 3.2. El bloque de intercambio de metadatos

En cuanto al módulo de distribución, éste está formado por un servidor OAI al cual pueden acceder los recolectores –harvesters– que utilizan dicho protocolo en la búsqueda federada [18]. Su particularidad es que cualquier motor de búsqueda, bien sea genérico (Google, Yahoo!, etc.) o especializado (Ariadne, Merlot, FLOR, etc.) puede indexar los resultados. En pocas palabras, su funcionamiento consiste en modificar las mismas direcciones que apuntan a los recursos con un parámetro adicional con el formato de salida XML usado en los metadatos.

Como consecuencia de ello aumentamos la visibilidad de un recurso al instante con una audiencia potencial masiva en un medio como Internet. Así mismo, el hecho de difundir libremente los metadatos –y restringir el acceso a los contenidos que el autor decida– permite a otros repositorios aumentar su abanico de resultados de forma considerable, o viceversa, fomentando también su reutilización. Hemos de resaltar el carácter específico de los materiales, pues hasta ahora no teníamos una herramienta especializada en la localización de tales archivos. Muchas veces la búsqueda presentaba miles de coincidencias sin ningún resultado válido.

### 3.3. Búsqueda interna

Aunque hemos dicho que cualquier buscador es capaz de integrar los metadatos en su lista de resultados, también es cierto que un sistema de búsqueda interno puede resultar más familiar al usuario dentro de la propia institución a la que pertenece. Otra justificación es la necesidad de recuperar la información de los ficheros almacenados sin gran dificultad. Con estas ideas en mente hemos diseñado tres páginas de búsqueda con los parámetros y operaciones más habituales de filtrado sobre los resultados.

El e-Espacio se apoya en Fedora Commons, el cual incluye el servicio de búsqueda genérico (abreviado GSearch). Lucene es el responsable de actuar como interlocutor entre el usuario y sus peticiones en forma de cadenas de texto. Su interior se sustenta en un mecanismo de similitud en el cual asigna una puntuación a los documentos ( $d$  = document) según los términos de búsqueda ( $q$  = query)

según una función normalizada (Ec. 1), comúnmente conocido como relevancia [19] al multiplicarse por un factor 100.

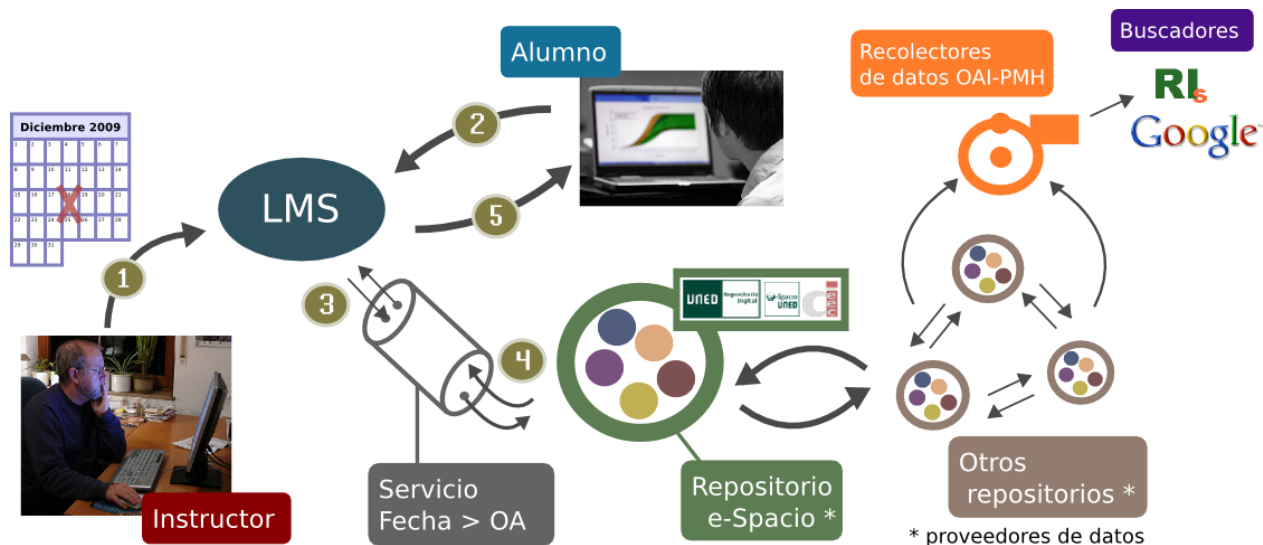
$$punt(q,d) = coord(q,d) \cdot query\_Norm(q) \cdot \sum_{t \text{ en } q} (tf(t \text{ en } d) \cdot idf(t)^2 \cdot t.getBoost() \cdot norm(t,d)) \quad (1)$$

En general, con el modelo de espacios vectoriales o VSM se da una relevancia mayor a un documento si respecto a la petición realizada aparece ese término más veces en relación a todos los de la colección. Para documentos pequeños como es este caso, está comprobada la eficacia [20] con las palabras clave. Una muestra de ello es que en los resultados aparecen al principio el título de los temas, pues con dicha técnica se asigna el mayor número de documentos a aquellas coincidencias que contienen más veces las palabras indicadas. Los temas equivaldrían a los nodos principales de los cuales parten las numerosas ramas en una jerarquía.

Mediante este sistema de categorías extraeremos los ejercicios de cada tipo sobre un concepto como por ejemplo “el diodo”, para juntarlos en unidades completas con la parte teórica inicial restante redactada en páginas Web externas. Una vez empaquetados se importarán inmediatamente en el entorno de aprendizaje para su realización o en las herramientas de autoría para su corrección, y por último, dentro del laboratorio virtual para su simulación.

#### 4. Análisis del nuevo modelo de producción y distribución

Con el propósito de verificar de forma objetiva los cambios en el método de publicación y estudio, se expone a continuación un caso práctico de uso del repositorio digital. Su aplicación dentro de la plataforma de aprendizaje será uno de los puntos a tratar.



**Figura 4.** Esquema simplificado del proceso de publicación y consumo de contenidos educativos .

Las herramientas de simulación utilizadas hasta la fecha (MicroCAP, OrCAD...) tienen un nexo común. Todas ellas se basan en un entorno gráfico de desarrollo basado en proyectos con una separación de los archivos generados. Es evidente que dichos proyectos no son procesables directamente en un entorno Web como las plataformas de aprendizaje, al venir codificados en implementaciones propietarias.

Sin embargo, los diseños y circuitos SPICE son un estándar cuyo tratamiento en plataformas de simulación virtuales sí ha quedado demostrado [21]. Por ello, los autores sólo han de elegir aquellos programas que permitan exportar los montajes a ése formato. Con este compromiso queda resuelta la edición de las simulaciones, y de aquí ya partimos a desglosar las variaciones respecto a la metodología de publicación anterior.

#### 4.1. Aspectos educativos asociados a la integración del repositorio

Los LMS han tenido hasta el momento una componente de uso mayoritaria sobre foros y planificación de cursos (agenda o calendario de eventos). Su soporte de contenidos multimedia resultaba muy limitado para fines didácticos [22]. A esto hay que sumar el escaso potencial de reutilización de los recursos. Durante el desarrollo de una asignatura en particular, los materiales quedaban atados a un único espacio de trabajo sin posibilidad alguna de enlazarlos con otras referencias o realizar un seguimiento de los alumnos conforme fuesen completando sus distintas secciones. La ausencia de medios para indicar la autoría o procedencia de las obras digitales suponía un gran obstáculo para los instructores, siendo éste un factor primordial de la calidad de los recursos electrónicos [23].

Si introducimos el e-Espacio como intermediario en el esquema anterior junto a las mejoradas plataformas de aprendizaje se suplen algunas de estas carencias (ver Figura 4). En primer lugar, el diseño de las actividades no queda constreñido a un determinado programa de autoría. Es más, al utilizar un medio como la Web se promueve la diversificación ya que los elementos en las páginas son completamente personalizables: gráficas interactivas con applets, diapositivas con varios documentos HTML, e, incluso programas externos como los laboratorios virtuales y remotos. Así las simulaciones empleadas hasta el momento, en general, archivos de listas de conexiones SPICE de no excesiva complejidad [24], se integran en los paquetes de contenidos como recursos adicionales. Los objetos formados con ellos enviarán la información necesaria sobre los circuitos a las aplicaciones de interés. Esto es posible al ser los paquetes de contenidos SCORM una caja negra donde meter todo aquello que el autor desee –siempre considerando los límites impuestos por la red de comunicación y su disponibilidad. Los metadatos facilitan su localización y agrupación en bloques mayores, pero además su estructura (secciones, etapas...) queda plenamente reflejada en una o más organizaciones mediante el documento XML denominado manifiesto. Los objetos en los paquetes se pueden explotar de esta forma en entornos más complejos que añadan funcionalidades como la supervisión en tiempo real del profesor o la participación de más de un estudiante en las actividades, como la implementación IMS LD (Learning Design) [25] en la plataforma LAMS [26].

¿Qué implica para el estudiante? Los medios para gestionar la información en los computadores son ineficaces. Los documentos en soportes físicos como el CDROM son la técnica más habitual en la enseñanza a distancia, donde el alumno primero ha de averiguar qué programas informáticos debe utilizar, instalarlos y luego buscar los archivos correspondientes. El hecho de utilizar una infraestructura basada en archivos, múltiples formatos y almacenamiento en árboles jerárquicos impide encontrar en un tiempo reducido los contenidos sobre un tema o autor concreto. En cambio, en los repositorios se explora por temas filtrando los resultados de una forma totalmente intuitiva. Cumplen un papel más importante que los catálogos pues permiten inferir relaciones entre distintos recursos [27]. La consulta directa es instantánea porque se aportan todos los requisitos necesarios, y en caso de no disponer de las fuentes necesarias se apunta a otros repositorios especializados. El abanico de resultados es mucho mayor al recinto estanco previo, se relacionan conceptos al visitar enlaces y la capacidad de descubrimiento no queda limitada.

Otra visión a desarrollar en este modelo es el carácter constructivo del conocimiento con los objetos. En general una valiosa recopilación de apuntes, documentos y simulaciones son íntegramente desarrollados por el profesor. Sin embargo, la Web es un entorno que llama a la creación de contenidos.

Se trata entonces de sumar una tarea creativa posterior a la asimilación de los textos especializados. El estudiante así aprende cómo obtener información relevante con el repositorio como punto de partida, combinarla con otros recursos (imágenes, artículos, enlaces externos) y estructurarla de forma coherente. Estaríamos hablando de la competencia aprender a aprender. Este método supone una opción más a la labor tradicional de artículos científicos [28]. Una muestra exitosa de él es la puesta en práctica de recursos educativos abiertos junto a los mapas conceptuales [29].

Por otro lado, el instructor no recibía ninguna realimentación del LMS, y además estaba obligado a evaluar uno a uno los trabajos sin poder aprovechar en absoluto las capacidades de procesamiento de las máquinas. Frente a este proceso está la generación de estadísticas e informes de progreso según sus criterios. Solicitar los cálculos obtenidos por los estudiantes en las simulaciones y almacenarlos automáticamente en el LMS, hasta el análisis de las tareas más costosas (tiempo, número de fallos...) para tabular las puntuaciones se agiliza considerablemente con módulos a propósito [30]. Frente a unos materiales estáticos, aparece la integración de fuentes dependientes del instante actual. Modelos de componentes actualizados, últimos avances en el campo de estudio o artículos científicos con gran impacto serían algunos elementos dinámicos que añadirían una gran riqueza y dinamismo a los documentos. Este tipo de bloques de información son precisamente los más característicos y valorados para la ubicuidad [31]. Asociar la parte teórica con ejemplos de aplicación en la industria amplía el alcance de los libros de texto.

Disponer de un repositorio abre nuevas vías a la integración automática de otros contenidos en las plataformas de enseñanza. En particular, la arquitectura basada en servicios (SOA) facilita la tarea de agrupar una miscelánea de aplicaciones remotas [32]. Distintos entornos de trabajo específicos que no pueden conectarse directamente entre sí, se conectan a través de una red donde los datos se encapsulan en estándares consensuados y abiertos. XML es el intermediario en la comunicación [33], pero en dicha conversación el emisor es capaz de transmitir un documento y el receptor le enviará la transformación realizada sin que intervenga en absoluto sobre el canal. En Electrónica partiríamos del esquema de un circuito y la respuesta de la solicitud podría ser un gráfico vectorial con su representación, exportable a una imagen. Otro caso sería añadiendo al ejemplo anterior las señales de entrada y los parámetros de simulación (transitorio, régimen permanente, etc.), de modo que el servidor sea el responsable de devolver los valores finales. Todo este proceso se observa más claramente a continuación en un ejemplo práctico.

#### 4.2. Caso práctico: el repositorio como agente de información contextual

Se han expuesto líneas para convertir los recursos previos, es decir, recopilar los planos de circuitos para las herramientas de simulación asistida por ordenador e incluirlos en cursos Web dentro de objetos de aprendizaje:

1. Etiquetarlos con la mayor precisión posible con un estándar de metadatos (LOM);
2. Almacenarlos en un repositorio digital (e-Espacio);
3. Combinarlos con otros recursos (explicaciones, presentaciones...) en actividades, agrupándolos en la organización de una o varias páginas Web evaluables o SCOs, y,
4. Empaquetarlos, si se da el caso, mediante las herramientas del repositorio con SCORM.

La parte educativa es importante, pues se busca un enfoque más completo al dado habitualmente a las aplicaciones informáticas en la enseñanza a distancia con los primeros LMS. Una vez inscrito en un curso, el estudiante accede a un entorno de aprendizaje nuevo en muchos aspectos para él. La plataforma ha de servir como guía inicial/puente de unión entre su estudio personal, entablar debate con otros alumnos y los profesores, e informar a estos de su progreso a lo largo del tiempo. Ofrecer un papel activo al estudiante mediante los OA permite, hasta ciertos límites impuestos por las plataformas [34], verificar



la consecución de los objetivos planteados conforme a las directrices para incorporar las TIC al proceso educativo [35] del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES). No obstante el espacio colaborativo, la puesta online y revisión de los recursos por los formadores y los alumnos, debe suponer un impacto mayor en la práctica.

En esta situación, cuando un instructor ha de afrontar la tarea de publicar contenidos digitales surge una cuestión a responder: ¿cómo estructurarlos? De menor a mayor complejidad están las referencias simples o hiperenlaces, la ordenación de los recursos y objetos dentro de un paquete, y la organización propia con el LMS [36]. La terminología varía considerablemente entre una plataforma u otra e incluso algunos conceptos no son equivalentes (actividad, unidad, módulo, secuencia, curso...). Luego entra también el repositorio en sí, por lo que la confusión es palpable. Hay que aumentar el aprovechamiento del depósito en este sentido para agrupar los recursos existentes en unidades con significado.

Consideremos por ejemplo que el concepto en estudio es el transistor, componente electrónico por excelencia. Ahora supongamos diferentes contextos, como son el análisis desde la perspectiva de la Física, su comportamiento en las ramas de Electrónica Analógica, Digital y, por último, Potencia. A simple vista cabría pensar que no hay vínculo alguno entre ellas, pero se comprobará que es todo lo contrario. Se trata de contextualizar la idea (componente no lineal) para su aplicación en distintas disciplinas.

The screenshot shows the UNED Mi portal interface. At the top, there are navigation links for 'Estudiante', 'Cambiar idioma', 'HC', 'Ayuda', and 'Salir'. Below this is a header with 'Inicio', 'Cursos', and 'Comunidades'. The main content area is divided into several sections:

- Mis herramientas:** A sidebar menu with options like 'Mi portal', 'Mi calendario', 'Mis documentos', 'Novedades', 'Espacio de trabajo', 'Mis notificaciones', and 'Mis preferencias'.
- Mi calendario:** A calendar view for December 18, 2009, with a 'Hoyes 18/12/09' indicator and an 'Ir al día' button.
- Agenda:** A section titled 'Viernes Diciembre 18 2009' showing a schedule. At 09:00, there is a class: 'Física: El transistor bipolar' and 'Eca. Analógica: Amplificador de señal'.
- Actividades:** A list of activities, including:
  - Característica colector-emisor del transistor NPN. (Requiere Plataforma MicroCAP 9.0 ó superior)
  - Equivalente en alterna en pequeña señal del transistor BJT. (Requiere Plataforma MicroCAP 9.0 ó superior)
- Foros (versión anterior):** A section for forums, including 'Fundamentos Físicos de la Informática' and 'Electrónica Analógica'.
- Buscar en Fedora:** A search bar with a dropdown menu set to 'UNED FedoraG' and a text input field containing 'amplificador'. A red arrow points to this search bar from a red callout box.

Two callout boxes are present:

- A red octagonal box labeled 'Formulario interno de búsqueda' with an arrow pointing to the search bar.
- A green octagonal box labeled 'Bloque de objetos según agenda' with an arrow pointing to the activity list.

At the bottom of the page, there is a footer with the text: 'Mapa del Sitio | Accesibilidad | Universidad Nacional de Educación a Distancia'.

**Figura 5.** Integración de contenidos educativos del repositorio con la planificación en el LMS (recreación).

Para ello tenemos como apoyo los circuitos del repositorio ya divididos en sus categorías correspondientes. En el LMS se tendrá un bloque adicional a los predeterminados, el cual será dependiente de dos factores: la fecha actual y el tema asignado en la agenda. A partir de ellos se hace una petición a un servicio adicional que interpretará esos valores, generará una dirección de búsqueda para el repositorio y, dicho servicio transformará el resultado en una lista de objetos navegable por el estudiante. El instructor define la agenda adecuada con los temas y las actividades a asignar en su momento, mientras que el alumno no ha de explorar todos los materiales por separado. Así, no se requiere una intervención directa sobre los archivos –añadir, quitar o borrar recursos– cada vez que un miembro de la institución desee consultarlos.

Con el esquema planteado, cuando estuviésemos participando en una clase de Física electrónica se mostraría por ejemplo el estudio con la teoría de bandas de los distintos estados del transistor según la tensión y corriente entre sus terminales, o los tipos principales de acuerdo a la distribución de uniones semiconductoras. En cambio, los resultados en Digital y Potencia se centrarían más en su funcionamiento entre corte/saturación, es decir, actuando como inversor lógico o interruptor, y, en Analógica como amplificador de señal trabajando en modo activo (aplicación del factor en el cociente de corriente colector-base). Aunque el coste de tiempo dedicado a categorizar los recursos es elevado [37], cuando tenemos las colecciones finales por departamento, disciplina y tema, evitamos la búsqueda local.

Esta capacidad de generar los cursos a partir de los objetos recopilados en el repositorio aporta varios beneficios. Desde un principio se afronta la gestión de contenidos desde un punto de vista didáctico, donde el propósito es el desarrollo de un concepto o tema de acuerdo a un programa. Este planteamiento resulta más atractivo para los formadores pues les otorga un control sobre la forma de organizar los contenidos y se distancia en cierto margen de la parte técnica. Además, la construcción “en el momento que se necesita” [38] se suma a la adaptabilidad de los materiales [39] de acuerdo al contexto o situación en la cual se desarrollan, resolviendo los problemas asociados a la caducidad y actualizaciones. Aquí se da cabida a otras fuentes de referencia y no sólo las del repositorio, fomentando con ello la colaboración entre instituciones. Por último, no implica la publicación de cursos estáticos completos, uno de los motivos que genera reticencias entre el profesorado, sino de unidades didácticas (o incluso bloques dentro de las mismas) permanentemente actualizables, con las cuales se aumenta la calidad final de la experiencia educativa.

## **5. Conclusiones**

Los repositorios digitales han tenido una expansión remarcable en las instituciones educativas (más de un millón de descargas en solo un año en el e-Espacio). Aunque la distribución de los metadatos no esté exenta de dificultades e identificar las características de los recursos asociados en su interior sea una tarea costosa, este proceso compensa sobradamente el esfuerzo invertido y el resultado final se convierte en la base de otras muchas aplicaciones. Una gran oferta de materiales digitales correctamente estructurados se puede agrupar de diferentes formas y ajustarse a las necesidades del estudiante. Así mismo, ofrecen al formador otros medios más dinámicos para crear materiales y enlazar a referencias externas según el momento o ubicación donde se realicen las actividades.

El conjunto de materiales puesto a libre disposición por el DIEEC aspira a servir como humilde ejemplo en la laboriosa tarea de implementar un repositorio sobre simulaciones interactivas para la enseñanza de la Electrónica, aportando ideas para su integración y uso en las plataformas de aprendizaje. Futuros trabajos se centrarán en la comunicación de los recursos con laboratorios virtuales, de modo que sumen la visualización directa de las simulaciones a la independencia del entorno de trabajo.

## Agradecimientos

Los autores agradecen al programa de la CYTED (Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo) por el apoyo a la acción 508AC0341, SOLITE, Software Libre en Teleformación.

## Referencias

- [1] C. López Guzmán, F. García Peñalvo, P. Pernías Peco. *Desarrollo de repositorios de objetos de aprendizaje a través de la reutilización de los metadatos de una colección digital: de Dublin Core a IMS*, RED. Revista de Educación a Distancia, febrero, año/vol. IV, número monográfico 0II, Universidad de Murcia.
- [2] D. Wiley. *The Instructional use of Learning objects*. <http://www.reusability.org/read/>
- [3] M.A. Chatti, M. Jarke. *The future of e-learning: a shift to knowledge networking and social software*, Int. J. Knowledge and Learning, 3 (4/5):404–420, (2007).
- [4] P. Karampiperis, D. Sampson. *Towards next generation activity-based Web-based educational systems*, Advanced Learning Technologies, ICAALT 2005. Fifth IEEE International Conference, pp. 868-872, (2005).
- [5] S. Green, R. Jones, E. Pearson, S. Gkatzidou. *Accessibility and adaptability of learning objects: responding to metadata, learning patterns and profiles of needs and preferences*, ALT-J, Volume 14, Number 1, pp. 117-129(13), (2006).
- [6] X. Ochoa, E. Duval. *Use of Contextualized Attention Metadata for Ranking and Recommending Learning Objects*. Proceedings of 1st International Workshop on Contextualized Attention Metadata: Collecting, Managing and Exploiting of Rich Usage Information, pp. 9-16, (2006).
- [7] A. López Medina, L. Zorita Vicente. *La gestión de objetos digitales: una aplicación para la e-ciencia*. Jornadas Técnicas Rediris, (2007). <http://e-spacio.uned.es/fez/view.php?pid=bibliuned:19777>
- [8] W. Greller, J. Casey. *The RDA of Standards for a Healthy e-Learning System*, Journal of e-Learning and Knowledge Society, Vol. 3, n. 2, pp. 9-26, (2007).
- [9] A. Schmidt, S. Braun. *Context-Aware Workplace Learning Support: Concept, Experiences, and Remaining Challenges*. In Proceedings of EC-TEL, (2006).
- [10] M. Castro, C. Martínez, E. López, A. Colmenar, A. Vara, G. Díaz, E. Sancristobal, J. Peire. *Integration of new tools and technologies in electronics teaching*. 34th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, Savannah, EE.UU, (2004).
- [11] J.M. Charnes. *Using Simulation for Option Pricing*. Proc. of the 2000 Winter Simulation Conference, (2000).
- [12] D. Gillet, A.V. Nguyen Ngoc, Y. Rezik. *Collaborative Web-Based Experimentation in Flexible Engineering Education*. IEEE Transactions on Education (IEEE Education Society), 48,4, 696-704, (2005).
- [13] M. Erdmann, A. Maedche, H.-P. Schnurr, S. Staab. *From manual to semi-automatic semantic annotation: About ontology-based text annotation tools*. In P. Buitelaar & K. Hasida (eds). Proceedings of the COLING 2000 Workshop on Semantic Annotation and Intelligent Content, Luxembourg, (2000).
- [14] C.Y. Baldwin, K.B. Clark. *Modularity in the design of complex engineering systems*. Springer, (2004).
- [15] S. Kepsler. *A simple proof of the Turing-Completeness of XSLT and XQuery*. In Proc. Extreme Markup Languages, (2004).
- [16] T. Bray, D. Hollander, A. Layman. *Namespaces in XML*. W3C Recommendation, January 1999.
- [17] A.C. Marcos. *Streams, Structures, Spaces, Scenarios, and Societies: A formal digital library framework and its applications*. PhD thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University, (2004).
- [18] S. Ternier, D. Massart, A. Campi, S. Guinea, S. Ceri, E. Duval. *Interoperability for Searching Learning Object Repositories: The ProLearn Query Language*. D-Lib Magazine, 14(1/2), (2008).
- [19] R. Reitsma, B. Marshall, M. Dalton, M. Cyr. *Exploring educational standard alignment: in search of 'relevance'*, Proceedings of the 8th ACM/IEEE-CS joint conference on Digital libraries, June 16-20, (2008).
- [20] V. Paz Madrid Gorelov, A.F. Zazo, C.G. Figuerola, J.L. Alonso Berrocal. *Librerías Lucene y dotLucene para Recuperación de Información. Estudio y desarrollo de casos prácticos*, Technical Report DPTOIA-IT-2007-003, Universidad de Salamanca, (2007).
- [21] J. Hospodka, J. Bicak. *Web-Based Application for Electric Circuit Analysis*. Proceedings of the 4th International Multi-Conference on Computing in the Global Information Technology, pp 157-160, Vol 10, ISBN:978-0-7695-3751-1, (2009).
- [22] J. Ismail. *The design of an e-learning system – Beyond the hype*. Internet and Higher Education, Volume 4, 3-4, pp. 329-336, (2001).

- [23] L. Codina. *Evaluación de recursos digitales en línea: conceptos, indicadores y métodos*. Revista Española de Documentación Científica, v. 23, n. 1, 9-44, (2000).
- [24] K. Gulati, J. F. Croix, S. P. Khatri, R. Shastri. *Fast circuit simulation on graphics processing units*. in Design Automation Conference, ASP-DAC. Asia and South Pacific, pp. 403–408, (2009).
- [25] D. Hernández Leo, J. I. Asensio Pérez, Y. A. Dimitriadis. *IMS Learning Design Support for the Formalization of Collaborative Learning Patterns*. Proceedings of the IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'04), 30 August - 1 September, Joensuu, Finland, (2004).
- [26] J. Dalziel. *Implementing learning design: The learning activity management system (LAMS)*. Proceedings of the 20th annual conference of the Australasian Society for Computers in Learning in Tertiary Education, ASCILITE, Adelaide, (2003).
- [27] B. Marshall, Y. Zhang, H. Chen, A. Lally, R. Shen, E. A. Fox, L. Cassel. *Convergence of Knowledge Management and E-Learning: the GetSmart Experience*, ACM/IEEE Joint Conference on Digital Libraries (JCDL '03), Houston, TX, (2003).
- [28] T. Tang, G. McCalla. *Smart Recommendation for an Evolving E-Learning System*. Proc. Workshop on Technologies for Electronic Documents for Supporting Learning, Int. Conf. on Artificial Intelligence in Education (AIED), 11 pp., Sydney, Australia, (2003).
- [29] P. McAndrew. *Motivations for OpenLearn: the Open University's Open Content Initiative*. OpenLearning workshop, the OECD experts meeting on Open Educational Resources, 26-27 October, Barcelona, (2006).
- [30] E. Gutiérrez, M. A. Trenas, J. Ramos, F. Corbera, S. Romero. *A new Moodle module supporting automatic verification of VHDL-based assignments*. Computers & Education, Volume 54, Issue 2, pp. 562-577, (2010).
- [31] X. Li, L. Feng, L. Zhou, Y. Shi. *Learning in an Ambient Intelligent World: Enabling Technologies and Practices*. In Knowledge and Data Engineering, IEEE Transactions on 21, June, Nr. 6, S. 910-924. ISSN 1041-4347, (2009).
- [32] L. Aroyo, D. Dicheva. *The New Challenges for E-learning: The Educational Semantic Web*. Educational Technology & Society, 7(4), 59–69, (2004).
- [33] E. R. Jones. *Implications of SCORM™ and emerging e-learning standards on engineering education*. In Proceedings of the 2002 ASEE Gulf-Southwest Annual Conference, pp. 20-22, (2002).
- [34] F. Colace, M. DeSanto, and M. Vento. *Evaluating On-line Learning Platforms: a Case Study*. In Proc. 36th Hawaii International Conference on System Sciences, Hawaii, IEEE Press, (2003).
- [35] E. Rubio Royo. *Nuevo "rol" y paradigmas del Aprendizaje, en una Sociedad Global en RED y Compleja: la Era del Conocimiento y el Aprendizaje*. ARBOR Ciencia, Pensamiento y Cultura, CLXXXV Nº Extra, pp. 41-62, ISSN: 0210-1963, (2009).
- [36] D. E. Millard, Y. M. Howard, P. McSweeney, M. Arrebola, K. Borthwick, S. Varella. *Phantom Tasks and Invisible Rubric: The Challenges of Remixing Learning Objects in the Wild*. In Proc. 4<sup>th</sup> European Conference on Technology Enhanced Learning, EC-TEL, 127-139, (2009).
- [37] C. Duncan. *Granularisation*. In A. Littlejohn (Ed.), Reusing Online Resources: A Sustainable Approach to eLearning (pp. 12-19), London: Kogan Page, (2003).
- [38] J. Cabero. *Bases pedagógicas del e-learning*. Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento (RUSC), 3(1), UOC, (2006). <http://www.uoc.edu/rusc/3/1/dt/esp/cabero.pdf>
- [39] C. Ullrich, T. Lu, E. Melis. *Just-In-Time Adaptivity Through Dynamic Items*. In User Modeling, Adaptation, and Personalization 17th International Conference, UMAP 2009. Trento, Italy. Volume LNCS 5535, pp. 373-378. Springer-Verlag, (2009).