

# Plataforma e-learning para la Gestión Integrada de Documentos basada en la Digitalización Automática

Ana B. Lago Vilariño e Iván Pretel García

**Title— E-learning platform for Integrated Management of Documents based on Automatic Digitalization.**

**Abstract—Despite the advances in computing, traditional paper is still widely used in learning and knowledge work. Most current learning technologies do not account for this paper-centric practice and focus on a complete digitization of learning contents, activities, and communication. This paper presents an e-learning platform that combines work with printed and digital documents. It integrates pen-and-paper-based interaction techniques that enable users to manage their digitized documents. Moreover, this platform integrates different e-learning platforms providing a single intuitive interface to management them. Finally, a case study of the use of the platform in university education is presented.**

**Index Terms—Learning management system, digital pen, Moodle, Google.**

## I. INTRODUCCIÓN

Las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TICs) han evolucionado espectacularmente en los últimos años conllevando cambios en todos los ámbitos de la actividad humana y, especialmente, en el mundo educativo. Las TICs posibilitan nuevos procesos de enseñanza y aprendizaje aprovechando las funcionalidades que ofrecen.

La aplicación de las TICs al aprendizaje está provocando enormes transformaciones en la educación en todos sus niveles. En primer lugar, se hace evidente que el peso que tenía la enseñanza ha descendido frente a la importancia del aprendizaje. En segundo lugar, el espacio educativo pasa desde el aula hacia un espacio virtual. De esta forma el proceso enseñanza-aprendizaje se hace más activo. La introducción de TICs en la educación ha cambiado el eje de la enseñanza-aprendizaje desde una enseñanza centrada en el profesor, hacia el aprendizaje donde el papel central lo juega el propio estudiante apoyado en una avanzada plataforma tecnológica denominada plataforma e-learning.

Destacar que este tipo de plataformas se han perfilado como herramientas clave de soporte al proceso de enseñanza-aprendizaje que permiten complementar la enseñanza presencial con actividades virtuales que pueden

ser desarrolladas en cualquier lugar, fomentar la enseñanza no presencial y fomentar el trabajo colaborativo al facilitar la colaboración entre docentes y alumnos y entre los propios alumnos.

La irrupción de las TICs en el entorno educativo no implica que todas las metodologías de enseñanza-aprendizaje tradicionales hayan quedado desfasadas. De hecho, consideramos que la combinación de las metodologías tradicionales junto con las nuevas metodologías surgidas de la inclusión de las TICs pueden proporcionar mayores beneficios tanto para el estudiante como para profesor.

En este contexto, este artículo muestra el resultado de combinar algo tan tradicional como la escritura manuscrita junto con plataformas e-learning buscando mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje pero manteniendo los beneficios del papel sobre los documentos digitales [1-4]. Entre ellas destacar que la toma de apuntes redactados a mano tiene ventajas para el proceso de aprendizaje, al garantizar una mayor posibilidad de recordar la información y además incluye funciones muy importantes como el almacenamiento de informes, codificación, organización de datos, asociaciones y concentración de la atención sobre aspectos importantes. Debido a esto, entre las técnicas de aprendizaje más utilizadas destacan la toma de apuntes utilizando bolígrafo y papel en lugar de realizarlo directamente en un ordenador.

En la plataforma desarrollada, que recibe el nombre de PenLearning, se pretende mejorar la interfaz de acceso a las plataformas e-learning mediante el uso del bolígrafo digital. Éste sirve de unión entre el mundo digital y el de papel mejorando la productividad de los alumnos y la sostenibilidad de los entornos educativos.

Por otro lado, actualmente, cada vez son más numerosos los centros educativos que utilizan varias plataformas para ofrecer un mayor abanico de servicios tanto a profesores como a estudiantes. PenLearning ofrece como elemento innovador, la integración con dos plataformas (Moodle y Google) ofreciendo una única interfaz de gestión de documentos ocultando al usuario las peculiaridades de cada una.

El artículo está organizado como sigue. En la próxima sección se describe las plataformas e-learning existentes. En la Sección 3 se describe la tecnología del bolígrafo digital. En la Sección 4 se señalan algunos casos de uso del bolígrafo digital en el ámbito académico. En la Sección 5 se detallan las funcionalidades del sistema. En la Sección 6 se presenta la arquitectura del sistema. En la Sección 7 se

A. B. Lago e I. Pretel pertenecen al Deusto Institute of Technology – DeustoTech de la Universidad de Deusto, MORElab -- Envisioning Future Internet, Avda. Universidades 24, 48007 – Bilbao, España (e-mail: {anabelen.lago, ivan.pretel}@deusto.es).

DOI (Digital Object Identifier) Pendiente

presentan los resultados obtenidos. Por último, se extraerán conclusiones sobre el uso de la plataforma y se plantearán una serie de trabajos futuros.

## II. PLATAFORMAS E-LEARNING

Son muchas las plataformas e-learning que se usan en los centros educativos pudiéndose clasificar en dos categorías: plataformas comerciales y de código abierto. En un principio, aunque las plataformas de código abierto son libres de cualquier dependencia del proveedor y son extensibles sin restricciones, las instituciones recurrieron a plataformas comerciales al considerarlos más robustas, como es el caso de WebCT (actualmente, BlackBoard [5]). En la actualidad, intentan utilizar plataformas de código abierto con el deseo de integrar el trabajo colaborativo de sus miembros y permitir a la vez el trabajo con comunidades, siendo en este caso Moodle [6] la plataforma más extendida. Aunque éstas son las tres plataformas más utilizadas en los centros educativos, existen otras que conviene mencionar como Sakai CLE [7], TotalLMS [8] y ATutor [9].

Entre las ventajas que las plataformas comerciales ofrecen se encuentran: el soporte, la documentación, la especialización y la unificación. En contra destacar sus problemas de rigidez o gestión de la organización docente. Por otro lado, las de código abierto aportan un bajo coste de adquisición y mantenimiento, menor tiempo de desarrollo, mayor seguridad, sostenibilidad y personalización del entorno. En contra de este tipo de plataformas, se puede destacar que requieren una mayor administración y gestión de las mismas, recursos humanos más especializados y con mayor cualificación técnica.

Con respecto a las principales funcionalidades que ofrecen estas plataformas, prácticamente se ofrecen las mismas, como son la gestión de cursos ofreciendo en cada uno la posibilidad de gestionar grupos, documentos, cuestionarios y herramientas de comunicación entre los miembros de un curso,...

Además, cada vez son más los centros que utilizan junto con estas plataformas orientadas a la educación, otras plataformas genéricas que ofrecen servicios que complementan a las anteriores, como es el caso de Google. Cada vez son más los centros educativos que firman acuerdos con Google para acceder a sus aplicaciones por un coste mínimo o gratuito. Google ofrece un conjunto de aplicaciones que aplicadas al entorno educativo proporciona una excelente plataforma de comunicación (con aplicaciones como Talk, Gmail, Video y Grupos), de planificación (Calendar) y de gestión de documentos (Docs).

La plataforma aquí presentada recibe el nombre de PenLearning. Una de las particularidades de esta plataforma es que se integra con la plataforma Moodle y con la plataforma genérica de Google, concretamente, Google Docs [10]. Ambas plataformas utilizadas en la Universidad de Deusto por todos los estudiantes y profesorado, lugar donde se llevó a cabo la evaluación de la plataforma. Aunque el diseño de PenLearning permite la integración sencilla con cualquier otra plataforma.

	Blackboard	Moodle	Sakai	Google Docs	PenLearning
Gestión de cursos	x	x	x		x
Servicio de autoevaluación	x	x	x		x
Edición online colaborativa en tiempo real				x	x
Digitalización automática de apuntes					x
Integración con otras plataformas					x

Fig. 1. Comparativa de plataformas e-learning

En la Figura 1, se realiza una comparativa sobre las funcionalidades ofrecidas por estas plataformas frente a PenLearning.

La plataforma PenLearning proporciona todas las funcionalidades ofrecidas por estas plataformas pero añadiendo una funcionalidad especial, la digitalización de los contenidos generados por los estudiantes con el bolígrafo digital, permitiendo gestionar estos contenidos digitalizados creando y modificando documentos que se almacenarán en diferentes plataformas e-learning, la edición colaborativa de documentos y la realización de ejercicios de evaluación de corrección automática. Para proporcionar la funcionalidad de la digitalización de apuntes mediante el bolígrafo digital se ha optado por el uso de la plataforma Astutia y la tecnología Anoto que se describe a continuación.

## III. EL BOLÍGRAFO DIGITAL

En los últimos años los bolígrafos digitales se han popularizado, especialmente, en sectores como sanidad, administración, finanzas, educación, transporte y banca.

La tecnología del bolígrafo digital está formada por dos componentes: el papel y el bolígrafo digital. Actualmente, la tecnología Ésta permite la captura digital, transferencia y procesamiento de texto y dibujos manuscritos, todo con sólo un papel y un bolígrafo. Anoto [11] es la solución más utilizada por plataformas muy extendidas [12].

A primera vista el papel digital aparenta ser como cualquier otro papel preimpreso: no existe diferencia en términos del tipo o calidad del sustrato. Lo que sí presenta diferencia es un fino patrón de puntos impreso de fondo, que al ojo humano sólo se expone como una leve sombra color gris claro.

Habiendo sido desarrollado y patentado por Anoto Technology, este patrón de puntos puede ser aplicado a toda clase de papel, convirtiéndolo en un área legible digitalmente.

El patrón de puntos consiste en numerosos y pequeños puntos negros dispuestos como un patrón inteligente, que puede ser "leído" por un bolígrafo digital. El patrón especifica la posición exacta de los trazos del bolígrafo, codificando el espacio completo de un formulario como coordenadas que lo cubren con un altísimo nivel de exactitud.

Adicionalmente, el patrón aplicado a cada tipo de formulario tiene una identidad unívoca de tal manera que cada página sea tratada y procesada separadamente de cualquier otra.

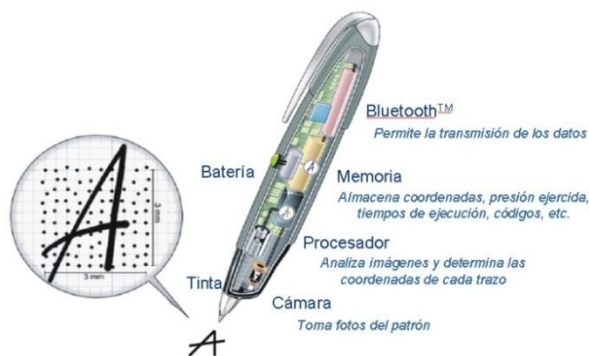


Fig. 2. Estructura del bolígrafo digital.

Un bolígrafo digital es a la vista como cualquier otro bolígrafo, y usarlo no presenta ninguna diferencia para con los demás. Sin embargo, es un dispositivo inteligente que contiene, como se muestra en la Figura 2 [13], en su interior una microcámara digital tipo infrarrojo, un avanzado microprocesador de imagen y un dispositivo de comunicación inalámbrica que captura, almacena y luego envía encriptado la escritura. Es así cómo un bolígrafo digital convierte la tinta en datos digitales de manera simple, inmediata y segura.

Al escribir el bolígrafo digital automáticamente captura micro imágenes del patrón de puntos del papel (50 capturas por segundo). Cada captura contiene suficientes datos como para determinar la posición exacta del bolígrafo y todo lo que con él se escribe o dibuja, incluso el momento exacto de cada uno de los trazos realizados y la identidad del papel utilizado.

#### IV. EL BOLÍGRAFO DIGITAL EN EL ENTORNO ACADÉMICO

Existen diversos proyectos que incorporan el bolígrafo digital al entorno educativo. Un conjunto de proyectos se han centrado en fomentar el aprendizaje colaborativo durante las clases basándose en la compartición de anotaciones entre los estudiantes. Entre ellos, destacar AirTransNote [14] [15] cuyos estudios se enfocan en la compartición de anotaciones realizadas en papel con un grupo y en obtener feedback en tiempo real. En CoScribe [16], el profesor comienza la clase proporcionando a los alumnos las transparencias con el patrón de Anoto impreso para que realicen sobre ellas las anotaciones con el bolígrafo digital que serán compartidas con el resto de alumnos. PocketPad [17] combina bolígrafos digitales y Smartphones para capturar, editar y organizar información.

Otro método utilizado para fomentar el aprendizaje colaborativo durante las clases es hacer uso de las herramientas de comunicación que ofrecen las plataformas e-learning como Wikis y Chats. Chang [18] e Iribe [19] integran el bolígrafo digital con estas herramientas.

PenLearning no pretende simplemente la captura de anotaciones durante la clase para su compartición con el resto de estudiantes, sino que pretende ofrecer un servicio de gestión de documentos basado en contenidos digitalizados fuera o dentro de clase. PenLearning permite a través de una interfaz amigable e intuitiva elaborar nuevos documentos combinando los contenidos digitalizados, modificar documentos existentes con esos contenidos y lo

que aporta un mayor valor a través de una interfaz única independientemente de que estos documentos residan en plataformas diferentes, en este caso, Moodle y Google Docs. La plataforma oculta al estudiante los detalles de integración con las otras plataformas.

Además, ofrece la funcionalidad de edición colaborativa online de un documento entre varios usuarios al mismo tiempo.

#### V. FUNCIONALIDADES DEL SISTEMA

El principal objetivo de esta plataforma es mostrar que las técnicas tradicionales como la escritura manuscrita pueden ser combinadas con las nuevas tecnologías utilizadas en el entorno educativo logrando mayores beneficios para el estudiante.

Para ello, la plataforma proporciona cuatro servicios al alumno: la toma de apuntes durante la clase, la gestión de documentos digitalizados, la autoevaluación y un servicio de edición colaborativa online.

La plataforma permite al alumno realizar un *seguimiento de la clase* tomando apuntes por el método tradicional, usando escritura manuscrita, a la vez que simultáneamente todos los apuntes son digitalizados y almacenados convenientemente en la plataforma con las ventajas que esto conlleva. Además, el alumno puede trabajar directamente sobre un documento ya digitalizado añadiendo nuevos contenidos, comentarios y notas al pie de página.

Una vez que los apuntes del alumno han sido digitalizados, el alumno puede *gestionarlos* pudiendo crear nuevos documentos o incluir estos contenidos en otros *documentos* ya existentes en la plataforma. Para facilitar la gestión de los documentos que el alumno posee, la plataforma está totalmente integrada con los dos entornos virtuales que ofrece la Universidad: Google Docs y Moodle, mostrando al alumno la misma estructura de cursos, directorios y documentos existentes en estos dos entornos.

La plataforma ofrece un *servicio de autoevaluación* al alumno. Para dar soporte a este servicio, la plataforma permite la creación de diferentes exámenes y la corrección automática de las respuestas digitalizadas. Cuando los estudiantes completan el examen en una hoja de respuestas que tiene el patrón de Anoto impreso, las respuestas son digitalizadas y la plataforma lo corrige automáticamente basándose en las respuestas correctas que previamente ha introducido el profesor cuando creó el examen. Esto permitirá a los alumnos ser conscientes de su aprendizaje permitiendo a estos hacer uso masivo del servicio sin el inconveniente de las tentativas del acceso a otros contenidos de la red eliminando la necesidad de un ordenador en el momento de la prueba.

Además, la plataforma ofrece un *servicio de edición colaborativa* online de documentos gracias al cual los usuarios pueden compartir sus documentos con otros usuarios de la plataforma que en ese momento podrán realizar modificaciones en el documento compartido de manera online, ofreciéndoles de este modo soporte para el trabajo en grupo donde disponen de un completo sistema de gestión de permisos con el que dar acceso a compañeros y editar en tiempo real y de forma colaborativa el mismo documento digitalmente mediante la plataforma Google.

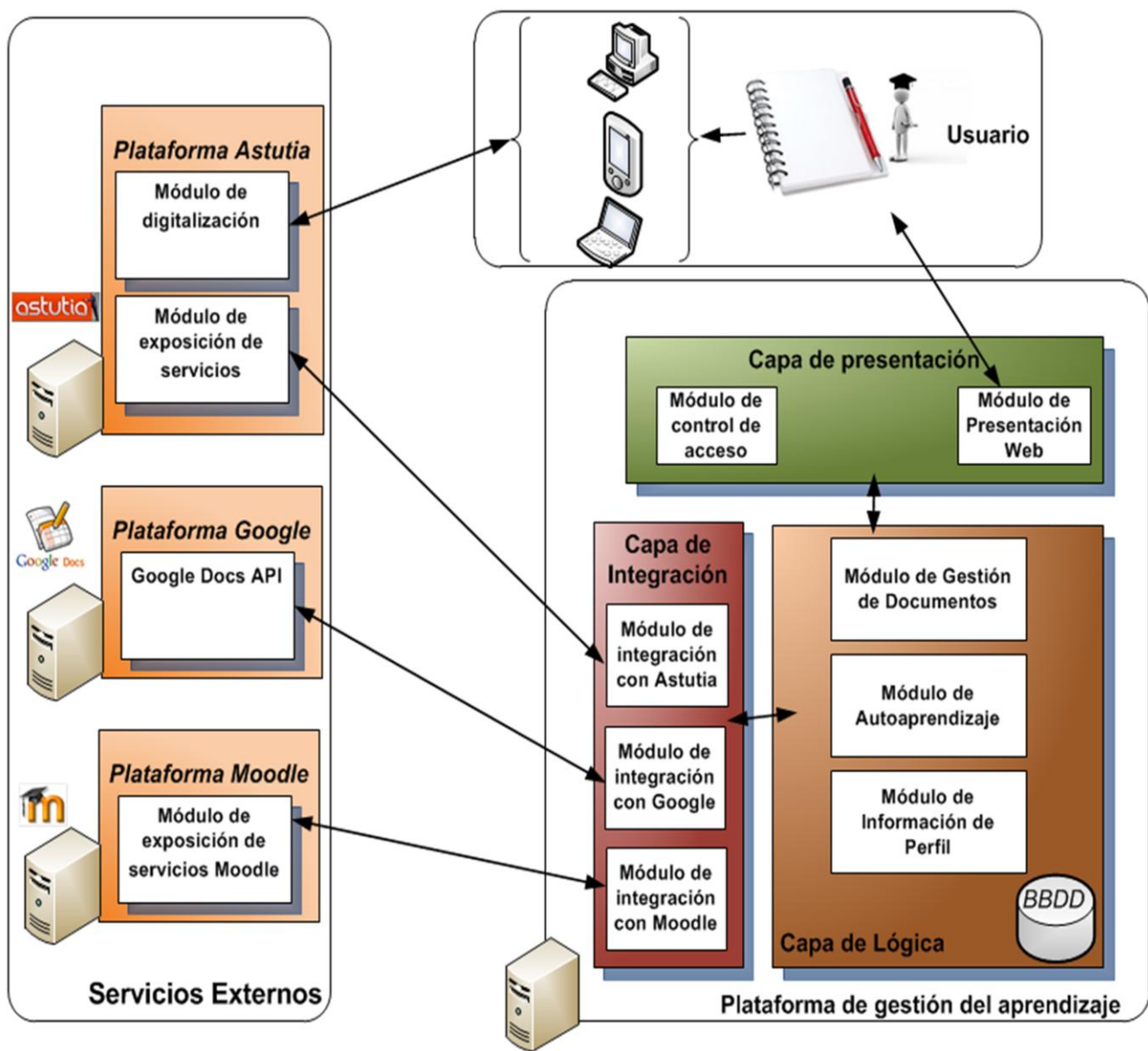


Fig. 3. Arquitectura del sistema.

## VI. ARQUITECTURA DEL SISTEMA

La plataforma se encuentra dividida en cuatro capas: Presentación, Lógica, Integración y Usuario, cada una de ellas con funcionalidades específicas.

### A. Capa de Presentación

La capa de Presentación es la responsable de ofrecer de una manera sencilla y amigable los servicios de la plataforma al usuario (ver Figura 4 y Figura 5). La capa de Lógica gestiona el comportamiento del sistema. Esta capa contiene dos módulos: Módulo de presentación web y el Módulo de control de acceso.

El *módulo de presentación web* permite a los estudiantes acceder a los servicios ofrecidos por la plataforma, como autenticarse en la plataforma, gestionar sus documentos, gestionar su perfil de usuario, realizar ejercicios de autoaprendizaje, etc.

La plataforma ofrece un acceso seguro a los contenidos de la plataforma gracias al *módulo de control de acceso*. Este módulo controla que sólo los usuarios autenticados puedan entrar en las áreas privadas de la plataforma y que los estudiantes sólo puedan llevar a cabo las acciones que han sido autorizados. Para realizar un control eficiente del acceso se ha implementado un filtro de entrada que es activado siempre que un usuario realiza una petición HTTP a un recurso localizado en el área privada de la plataforma.

### B. Capa de Lógica

La capa de lógica se encuentra dividida en los siguientes módulos: Módulo de gestión de documentos, el módulo de autoaprendizaje y el módulo de información de perfil.

El elemento central de la plataforma es el *módulo de gestión de documentos*. Su principal innovación reside en la integración de tres servicios externos para dar soporte a los servicios avanzados para los usuarios: Plataforma Astutia, Plataforma Moodle y Plataforma Google Apps.



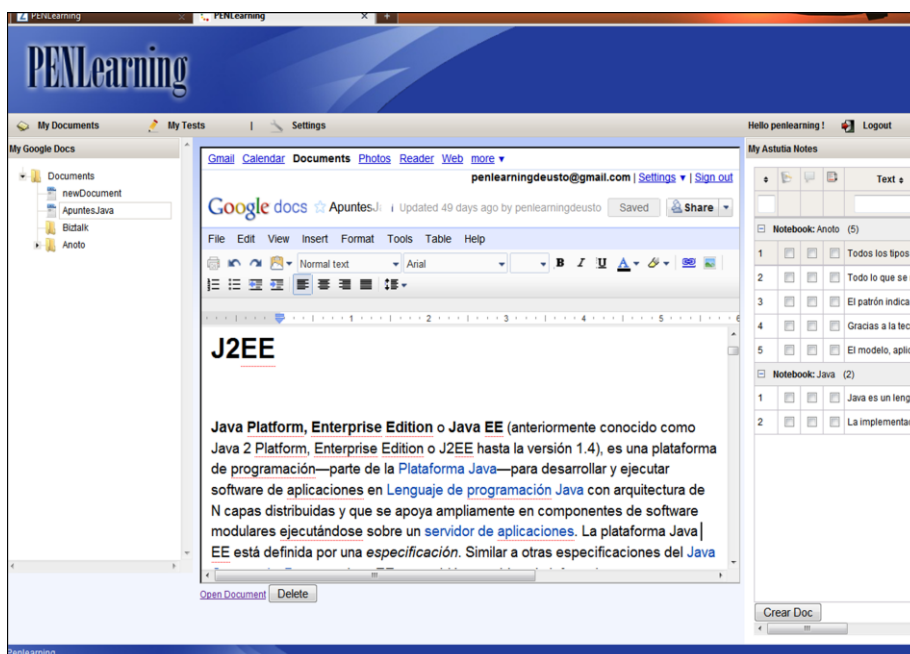


Fig. 4. Pantalla principal de la plataforma.

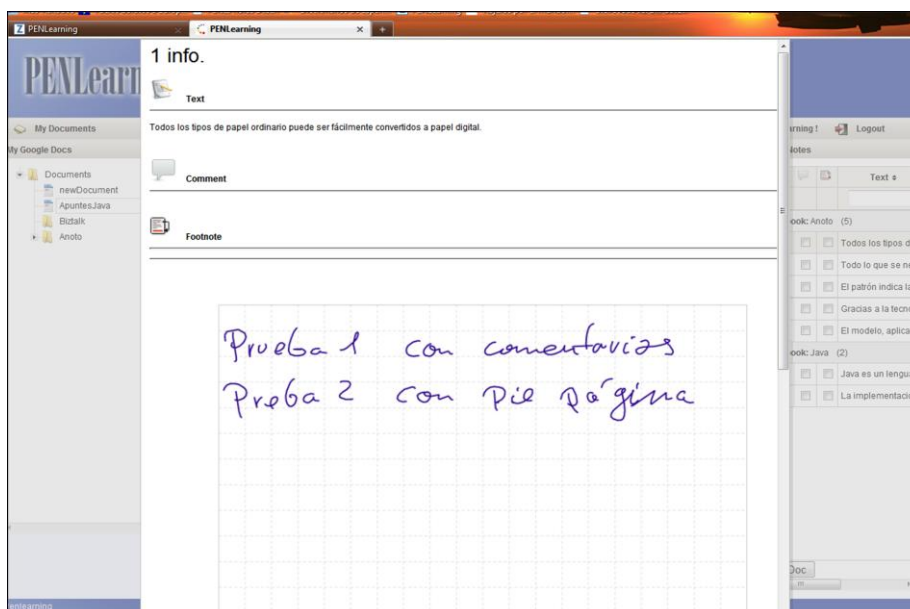


Fig. 5. Pantalla de visualización de apuntes digitalizados.

En primer lugar, este módulo obtiene los apuntes recogidos por el estudiante con el bolígrafo digital totalmente digitalizados a través del módulo de integración con Astutia. En segundo lugar, interactúa con las plataformas e-learning que usa el estudiante (Google y Moodle) para mostrar al usuario todos los documentos a los que tiene acceso en ambas plataformas y lo más importante, mostrando la misma estructura de cursos y directorios que poseen estas plataformas facilitando de este modo la interacción con el sistema.

Entre las funcionalidades que ofrece este servicio destacar: la edición de documentos existentes, la inserción de nuevos contenidos digitalizados en documentos existentes, la creación de nuevos documentos con los contenidos digitalizados, la eliminación de documentos existentes y la edición colaborativa entre varios usuarios de

un mismo documento permitiendo a los usuarios realizar cambios en un documento en tiempo real.

El *módulo de autoaprendizaje* persigue ofrecer una herramienta de realización y evaluación automática de ejercicios destinada a profesores y estudiantes. En este contexto, el sistema ofrece dos funcionalidades: en primer lugar, la creación de nuevos ejercicios y en segundo lugar, la realización y corrección automática del ejercicio.

La primera de ellas está destinada a que los profesores puedan evaluar a los estudiantes de una manera sencilla y liberándoles de la corrección. La segunda está orientada a los alumnos, permitiéndoles obtener los resultados de la prueba al instante. Para ello, este módulo deberá obtener las respuestas del estudiante del Módulo de integración con Astutia y compararlas con las respuestas correctas introducidas por el profesor durante el proceso de creación.

Fig. 6. Formulario de resolución de ejercicios

El *módulo de información de perfil* se encarga de la gestión eficiente de la información asociada con el perfil del usuario, lo cual es crítico en cualquier sistema y que puede conllevar graves problemas de seguridad. Este módulo ofrece los servicios de autenticación del usuario, autorización y registro de un nuevo usuario.

### C. Capa de Integración

Gracias a esta capa, y la plataforma es capaz de comunicarse con los servicios ofrecidos por Google y Moodle para la gestión de documentos y por Astutia para la digitalización de la información capturada por el bolígrafo digital.

La integración con Google y Moodle se realiza a través de los servicios ofrecidos por ellas usando llamadas REST (Representational State Transfer) [20]. Tomando como ejemplo Google, la primera llamada que realiza este módulo por cada usuario es la autenticación en el sistema Google. Esta llamada devuelve un token que se usa en las posteriores peticiones. Éstas estarán relacionadas con la gestión de los documentos del usuario y se realizarán a la Google Documents List API [21], donde es requisito incluir el token en cada una de las peticiones.

Por otro lado, la comunicación con los servicios de digitalización ofrecidos por la plataforma Astutia se realizan mediante llamadas SOAP (Simple Object Access Protocol) [22]. La manera de implementar la comunicación con Astutia difiere de Google y Moodle puesto que en este caso es la plataforma Astutia la que inicia la comunicación enviando de manera periódica los datos digitalizados directamente a la plataforma. Para ello, ha sido necesario desarrollar varios servicios dentro de la plataforma desarrollada para que sean invocados por la plataforma Astutia. Los servicios implementados han sido por un lado la recepción de contenidos digitalizados y por otro, la recepción de las respuestas a los ejercicios realizados por el alumno.

### D. El usuario

El usuario realiza sus anotaciones sobre un papel con el patrón de puntos impreso. Se ha diseñado un formato específico para la toma de anotaciones y la realización de los ejercicios de evaluación que permite que puedan ser interpretados por Astutia (Figura 6). La información capturada por el bolígrafo digital es enviada a la plataforma de digitalización de Astutia a través de un ordenador por la interfaz Bluetooth o USB o a través de un dispositivo móvil que posea una interfaz Bluetooth.

### E. Implementación

Para la implementación de la plataforma se ha utilizado Java Enterprise Edition (JEE). Para la implementación de las capas de lógica e integración se ha usado Enterprise JavaBeans (EJB). Por otro lado, en el caso de la capa de presentación se ha utilizado los frameworks JavaServer Faces (JSF) y RichFaces. Finalmente, para implementar los servicios de comunicación con la plataforma Astutia se han utilizado servicios web usando la herramienta Windows Communication Foundation (WCF) del framework de Microsoft.NET.

Como servidor de aplicaciones se han utilizado JBOSS para la plataforma e Internet Information Services (IIS) para el despliegue de los servicios web para la integración con la plataforma Astutia.

## VII. EVALUACIÓN

Una vez desarrollada la plataforma de gestión del aprendizaje se procedió a su evaluación para probar las ventajas de la misma. Las pruebas fueron realizadas a un grupo de alumnos de la asignatura de Evaluación y Diseño de Redes que se imparte en quinto curso de la titulación de Ingeniería Informática de la Universidad de Deusto durante una semana y cuyo curso en Moodle se muestra en la Figura 7.

A los estudiantes participantes se les facilitó el equipamiento necesario para llevar a cabo las pruebas: un bolígrafo digital y una libreta con el patrón Anoto impreso en sus páginas.

Se realizó el experimento con un grupo de quince alumnos pidiéndoles la realización de diversas tareas, como la recogida de apuntes y la compartición de apuntes, tanto

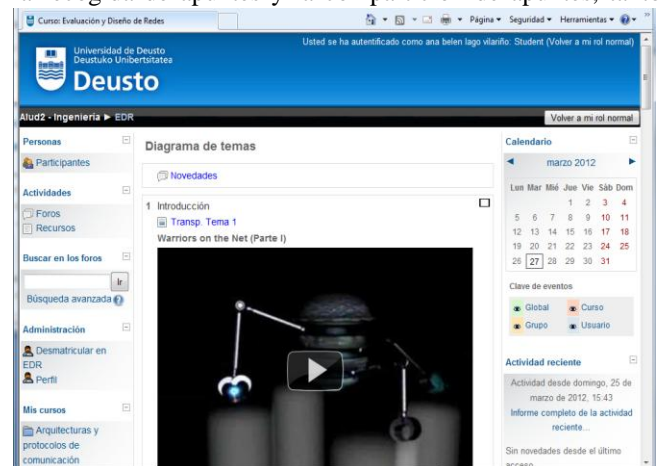


Fig. 7. Curso de Moodle de la asignatura Evaluación y Diseño de Redes.

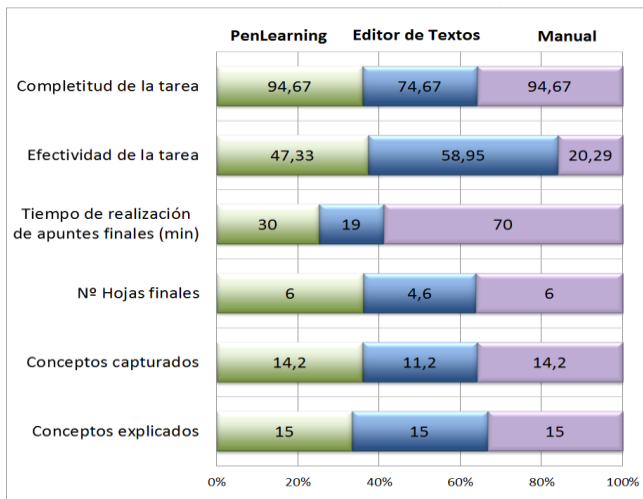


Fig. 8. Resultados de la evaluación de la plataforma

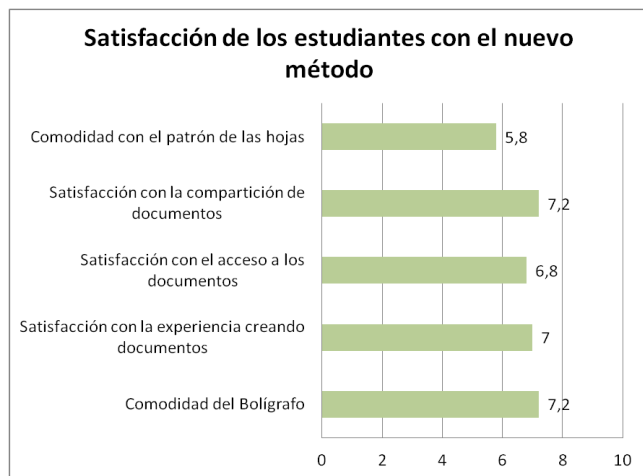


Fig. 9. Resultados de la encuesta de satisfacción a los usuarios

dentro como fuera de las clases. Los estudiantes fueron divididos en tres grupos de cinco personas, el primer grupo debía utilizar la plataforma PenLearning para realizar las tareas, el segundo de los grupos, un editor de textos y el tercero, un bolígrafo normal.

Durante las pruebas se han estudiado todos los contenidos digitalizados producidos y se han capturado diversas métricas que han permitido la medición del nivel de satisfacción del alumno al usar la plataforma.

A modo de ejemplo, se detalla una de las sesiones de evaluación y sus resultados. El objetivo de esta sesión era medir la eficiencia de la plataforma y la satisfacción de los usuarios y no medir el tiempo aprendizaje requerido por los usuarios para usar la plataforma, aspecto que había sido medido en otras sesiones. Por ello, se les pidió a los estudiantes, que se habían familiarizado con la plataforma previamente, que tomaran apuntes sobre los conceptos explicados durante la clase.

Uno de los aspectos analizados fueron los conceptos explicados en clase frente a los conceptos capturados por los diferentes grupos (a esta relación se le ha denominado *Completitud de la tarea*), tal y como se muestra en la Figura 8, el grupo que utilizaba el editor de texto para la toma de apuntes recogió un menor número de conceptos frente a los otros grupos, debido principalmente a la dificultad de recoger dibujos y esquemas directamente en el ordenador en un tiempo tan reducido.

Otro de los aspectos que se han evaluado es la *Efectividad de la tarea* entendida ésta como el tiempo requerido para realizar una versión final digitalizada de los apuntes teniendo en cuenta los conceptos capturados. En este caso, el tiempo requerido para realizar los apuntes es menor en el caso de usar un editor de texto al tener que insertar únicamente aquellas imágenes o conceptos que no pudieron ser capturados durante la clase aunque su principal problema es que el número de conceptos capturados es menor. Comparando los otros dos grupos, PenLearning al digitalizar automáticamente los apuntes e incluso las imágenes y tablas permite obtener una versión final de los apuntes en un tiempo muy reducido, con lo que queda probada su eficacia.

El último de los aspectos evaluados fue la *satisfacción de los usuarios* de PenLearning, para evaluarla se realizó a través de un cuestionario creado que fue enviado al finalizar las sesiones de evaluación. Examinando los resultados que se muestran en la Figura 9, se puede observar que los estudiantes están satisfechos con el sistema. De hecho, actualmente, los estudiantes han continuado usando la plataforma en el resto de asignaturas.

Mediante las pruebas, el sistema ha mostrado ser una gran herramienta de gestión documental y edición colaborativa dotando a la misma de un gran valor y avance en el desarrollo de tecnologías de la información al servicio de la educación gracias a la integración de múltiples plataformas de soporte al aprendizaje y del uso del bolígrafo digital.

## VIII. CONCLUSIONES

Mediante esta plataforma se ha pretendido demostrar que la aplicación de las TICs en el ámbito educativo no supone romper con todo lo existente. El combinar lo tradicional con lo novedoso puede conllevar mayores beneficios tal y como se ha demostrado en este caso por el interés mostrado por los estudiantes que formaron parte de la evaluación. Los trabajos futuros se centrarán en la incorporación del bolígrafo digital en otros servicios ofrecidos por las plataformas educativas y en la mejora de los sistemas de digitalización para extraer información mediante técnicas de Inteligencia Artificial como el Procesamiento del Lenguaje Natural y Visión Artificial.

## AGRADECIMIENTOS

Esta plataforma ha sido desarrollada dentro del proyecto "PenLearning - Plataforma para el desarrollo de un entorno de aprendizaje virtual basado en bolígrafos digitales" y financiado por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio a través del Subprograma Avanza I+D (TSI-020100-2011-237).

## REFERENCIAS

- [1] C. Chuang, P. Chao, H. Wu, G. Chen, "Integrated Textbook: Augmenting Paper Textbooks with Digital Learning Support Using Digital Pens", en Proc. Sixth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'06), pp. 613-617, 2006.
- [2] Método Badra. Disponible en: <http://www.metodobadra.com/blog/?p=10>. Último acceso: 26-marzo-2012.
- [3] J. Steimle, O. Brdiczka, M. Mühlhäuser, "CoScribe: Integrating Paper and Digital Documents for Collaborative Knowledge Work", *IEEE Transactions on Learning Technologies*, vol. 2, no. 3, pp. 174-188, 2009.

- [4] A.J. Sellen, R.H. Harper, "The Myth of the Paperless Office", *MIT Press*, 2003.
- [5] Página oficial de BlackBoard. Disponible en: <http://www.blackboard.com>. Último acceso: 26-abril-2012.
- [6] Página oficial de Moodle. Disponible en: <http://moodle.org/>. Último acceso: 26-marzo-2012.
- [7] Página oficial de Sakai CLE. Disponible en: <http://sakaiproject.org>. Último acceso: 19-marzo-2012.
- [8] Página oficial de TotalLMS. Disponible en: <http://totalms.codeplex.com/>. Último acceso: 11-marzo-2012.
- [9] Página oficial de ATutor. Disponible en: <http://atutor.ca/>. Último acceso: 11-marzo-2012.
- [10] Google Docs Basics. Disponible en: <http://support.google.com/docs/bin/answer.py?hl=en&answer=49008>. Último acceso: 26-feb-2012.
- [11] K. Schreiner, "Uniting the Paper and Digital Worlds", *IEEE Computer Graphics and Applications*, vol. 28, no. 6, pp. 6-10, 2008.
- [12] Anoto - FIND AN ANOTO PARTNER. Disponible en: <http://www.anoto.com/find-a-partner.aspx>. Último acceso: 29-jun-2012.
- [13] Anoto. Disponible en: <http://www.anoto.com/?id=19146>. Último acceso: 29-jun-2012.
- [14] T. Sugihara, T. Miura, M. Miura, S. Kunifuji, "Examining the Effects of the Simultaneous Display of Students' Responses Using a Digital Pen System on Class Activity - A Case Study of an Early Elementary School in Japan", en *Proc. 10th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, pp.294-296, 2011.
- [15] M. Miura, T. Sugihara, S. Kunifuji, "Instant Seat Mapping for Student Note Sharing Process", en *Proc. 10th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, 2010.
- [16] J. Steimle, O. Brdiczka, M. Mühlhäuser, "CoScribe: Integrating Paper and Digital Documents for Collaborative Knowledge Work", *IEEE Transactions on Learning Technologies*, vol. 2, no. 3, pp. 174-188, 2009.
- [17] E. Al-Imam, E. Lank, "PocketPad: Using Handhelds and Digital Pens to Manage Data in Mobile Contexts", en *Proc. First International Conference on the Digital Society (ICDS'07)*, pp.13, 2007.
- [18] C. Chang, "Augmenting Wiki System for Collaborative EFL Reading by Digital Pen Annotations", en *Proc. International Symposium on Ubiquitous Virtual Reality*, pp. 43-46, 2009.
- [19] Y. Iribe, H. Nagaoka, K. Katsurada, T. Nitta, "Web-based lecture system using slide sharing for questions and answers in the classroom," en *Proc. International Conference on Computers in Education*, pp. 638-640, 2009.
- [20] Representational State Transfer protocol. Disponible en: [http://www.ics.uci.edu/~fielding/pubs/dissertation/rest\\_arch\\_style.htm](http://www.ics.uci.edu/~fielding/pubs/dissertation/rest_arch_style.htm). Último acceso: 15-marzo-2012.
- [21] Google Apps API. Disponible en: <http://code.google.com/intl/es/googleapps/docs/>. Último acceso: 15-marzo-2012
- [22] Simple Object Access Protocol. Disponible en: <http://www.w3.org/TR/soap/>. Último acceso: 15-marzo-2012.



Ana Belén Lago Vilarino, nacida en Bilbao (España), es Doctora e Ingeniera en Informática por la Universidad de Deusto. En la actualidad es directora y profesora del Departamento de Telecomunicaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Deusto. Además, es investigadora del grupo MORElab del Deusto Institute of Technology – DeustoTech de la Universidad de Deusto. Por otro lado, es directora del Aula Ikertia, fruto de un convenio entre Universidad de Deusto y la Fundación Ikertia, en la que dirige y coordina diversos proyectos de Investigación, Desarrollo e Innovación multidisciplinares en áreas de ingeniería del software, servicios móviles. Sus áreas de especialización, en las que ha dirigido y coordinado numerosos proyectos nacionales y europeos a diferentes niveles, y participado en congresos a nivel nacional e internacional son tecnologías e-learning, Internet Móvil, servicios móviles especialmente, servicios móviles sociales, redes sociales.



Iván Pretel García, nacido en Arrigorriaga (España), es Ingeniero en Informática por la Universidad de Deusto. En la última etapa de sus estudios de ingeniería complementó sus conocimientos trabajando en el departamento de arquitectura encargado de gestionar la plataforma software interna de una importante caja de ahorros. Una vez finalizados sus estudios de ingeniería ganó el premio al mejor proyecto fin de carrera de su promoción. Posteriormente comenzó su carrera investigadora en la Fundación Deusto donde empezó como becario de investigación en el área de Servicios Móviles, participando en varios proyectos relacionados con arquitectura de sistemas e interacción hombre máquina. Paralelamente cursó un Máster en Desarrollo e Integración de Soluciones Software. Actualmente es Colaborador de Investigación en DeustoTech – Deusto Institute of Technology y doctorando centrandó sus investigaciones en los campos de Interacción Hombre-Máquina, calidad en uso, servicios móviles avanzados y servicios 2.0. Ha tomado parte en numerosos proyectos tanto regionales como nacionales y cuyos resultados han sido difundidos a través de múltiples artículos de investigación publicados en conferencias nacionales e internacionales