

Funcionalidad, implementación y líneas de desarrollo de la plataforma educativa SWAD / OpenSWAD

Antonio Cañas¹, Juan M. Boyero², Daniel J. Calandria², Eva M. Ortigosa¹, Javier Fernández¹, Antonio F. Díaz¹, Samuel Romero¹, Jesús Mesa³, Adrián Lara³

¹ Dpto. Arquitectura y Tecnología de Computadores, Universidad de Granada
{acanas, ortigosa, jfernand, afdiaz, sromero}@ugr.es

² OpenSWAD Association
{swadroid, dcalandria}@gmail.com

³ETSIT, Universidad de Granada
sulimesa@gmail.com, adrilr@correo.ugr.es

Resumen. La plataforma de b-learning y gestión académica SWAD ofrece múltiples herramientas de apoyo a la gestión docente y al aprendizaje, y ha sido utilizada durante 19 años por 180 000 usuarios en la Universidad de Granada (UGR) y en los últimos 4 años por otros 23 000 usuarios procedentes de 1 500 instituciones educativas de todo el mundo. Este artículo resume las funcionalidades actuales de la plataforma y su implementación, y propone la incorporación de una serie de técnicas como son la gamificación, la geolocalización y la minería de datos con los objetivos de mejorar la motivación y el rendimiento académico de los estudiantes y de facilitar al profesorado las tareas de evaluación.

Palabras Clave: plataforma educativa, LMS, sistema de gestión de aprendizaje, VLE, entorno virtual de aprendizaje, b-learning, e-learning, software libre, servidor web, base de datos, gamificación, geolocalización, minería de datos educativa.

Abstract. The b-learning and academic management platform SWAD offers multiple tools to support teaching management and learning, and has been used for 19 years by 180,000 users at the University of Granada (UGR) and in the last 4 years by other 23,000 users from 1,500 educational institutions around the world. This article summarizes the current functionalities of the platform and its implementation, and proposes the incorporation of a series of techniques such as gamification, geolocation and data mining with the goals of improving students' motivation and academic performance, and supporting teachers in assessment tasks.

Keywords: educational platform, LMS, learning management system, VLE, virtual learning environment, b-learning, e-learning, free software, web server, database, gamification, geolocation, educational data mining.

1 Introducción

El crecimiento del uso de los campus virtuales, no solo en docencia virtual o semipresencial, sino como apoyo a la docencia presencial, ha favorecido la aparición de múltiples herramientas de gestión del aprendizaje en la red (*Learning Management Systems*, LMS). Existen cientos de LMS privativos y libres, de pago y gratuitos, instalables en los servidores propios del cliente o accesibles en la nube. En [31] se muestra una lista de más de 400 LMS que pueden ordenarse por diversos criterios y en [57] se utilizan varios indicadores para mostrar los 20 LMS más populares de la lista anterior. En [39] se comparan 181 LMS ordenados según las opiniones de los usuarios o según sus funcionalidades. En [36] se muestra una lista con más de una decena de LMS ordenados según diversos indicadores. En [41] se enumeran las principales características de 19 LMS que, o bien tienen una versión gratuita básica con la opción de pagar por funciones adicionales, o son totalmente gratuitos, o son de código abierto. Entre estos sistemas se encuentra nuestra propia plataforma, SWAD/OpenSWAD [29, 30, 14, 13], a la que dedicamos el resto de este trabajo.

A pesar del relativo éxito de estas plataformas, queda trabajo por hacer tanto en la facilidad de uso por parte de personal no técnico como en las posibilidades pedagógicas en cuanto a la mejora de los resultados académicos. Según [49], el 26% de los usuarios están insatisfechos o muy insatisfechos con su LMS actual (el 44% de ellos por la carencia de ciertas características, el 22% por la dificultad de uso, el 19% por la falta de ayuda y el 10% por el precio). En este sentido, proponemos ciertas mejoras centradas en el usuario y que supongan una ayuda real en la gestión de todas las tareas relacionadas con la docencia y el proceso de aprendizaje. Para ello incorporaremos a las funcionalidades existentes y a otras en desarrollo, características inspiradas en gamificación, geolocalización y minería de datos educativa [60].

Pretendemos desarrollar nuevos módulos de software centrados principalmente en la evaluación automática de estudiantes y complementados con otros para el diseño instructivo y colaborativo de contenidos, la autorregulación del aprendizaje, y la optimización de las comunicaciones tanto síncronas (chat) como asíncronas (mensajería y foros) entre los usuarios. En la aplicación móvil asociada a la plataforma también se añadirán nuevas funcionalidades para facilitar la evaluación por un lado —uso del móvil como mando a distancia en juegos educativos, y escaneo y subida de ejercicios—, y para la geolocalización de usuarios en interiores de edificios institucionales —para poder encontrar a compañeros o profesores en horario lectivo, o como base para otros objetivos futuros. Algunos de los nuevos módulos se basarán en minería de datos educativa, análisis del comportamiento de los usuarios en la plataforma y gamificación. El diseño de los nuevos servicios requerirá la revisión de la literatura y de otras plataformas, sin olvidar las demandas y sugerencias de los

usuarios, y se llevará a cabo buscando siempre la máxima flexibilidad de cara a facilitar su difusión y adopción en cualquier institución educativa o empresa.

El trabajo futuro también busca continuar la difusión de la plataforma en instituciones educativas de todo el mundo a través del portal OpenSWAD.org. Cada vez más aplicaciones que tradicionalmente se alojaban localmente en los servidores de una institución van pasando a la nube. Es previsible que el uso de OpenSWAD crezca, y tendremos que afrontar el reto de mantener unas prestaciones óptimas con grandes volúmenes de usuarios y accesos, tal y como hemos hecho hasta ahora en la UGR.

2 Funcionalidad de SWAD/OpenSWAD

En este apartado resumiremos la funcionalidad de la plataforma, incluyendo su estructura jerárquica, los distintos roles de los usuarios y las pestañas en las que se agrupan las funciones que se pueden realizar. Para obtener una información más detallada puede consultarse la guía del usuario [26, 27].

2.1 Organización jerárquica de SWAD/OpenSWAD

SWAD puede alojar en una única plataforma una, varias o incluso miles de instituciones educativas. Para ello utiliza la siguiente estructura jerárquica: sistema, países, instituciones (universidades, academias, organizaciones, empresas), centros (facultades, escuelas, edificios), titulaciones (grados, másteres), asignaturas (cursos, materias), tipos de grupos (conferencias, prácticas, seminarios) y grupos (A, B, mañana, tarde). El elemento central de esta jerarquía es la asignatura, que puede albergar a varios profesores y estudiantes.

2.2 Roles

Cada usuario tiene un rol de estudiante, profesor no editor o profesor en cada una de las asignaturas en las que está inscrito. Además, algunos usuarios pueden ser administradores. Estos son todos los roles disponibles: desconocido (usuario no identificado), invitado (usuario que no pertenece a ninguna asignatura), usuario (estudiante o profesor fuera de sus asignaturas), estudiante en la asignatura actual, profesor no editor en la asignatura actual (sin permiso para editar), profesor en la asignatura actual (con permiso para editar), administrador de la titulación actual,

administrador del centro actual, administrador de la institución actual y administrador del sistema.

2.3 Pestañas y opciones dentro de las pestañas

Las funcionalidades de la plataforma SWAD están organizadas en varios grupos o pestañas (Figura 1). Cada una de las pestañas contiene varias funcionalidades u opciones, que se describen a continuación. Las opciones en una pestaña están organizadas como un menú con iconos y texto, que se pueden mostrar en una fila en la parte superior de la pestaña (como muestra la Figura 1) o en una columna en el lado izquierdo de la pestaña, dependiendo de las preferencias del usuario.

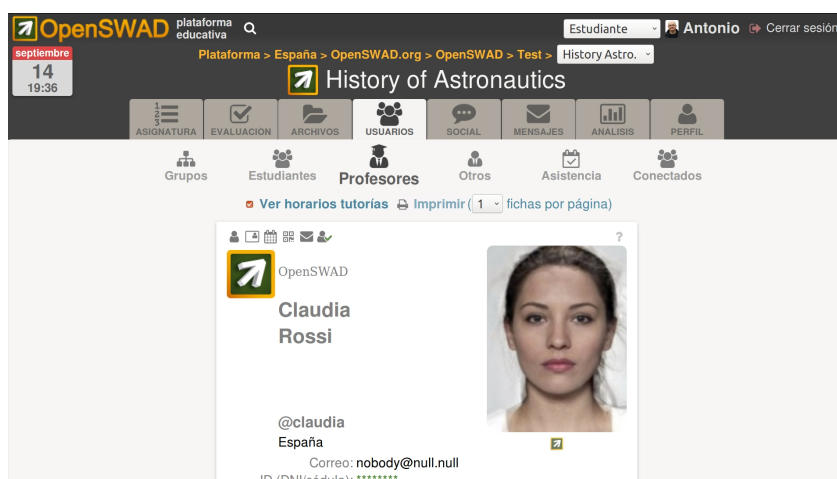


Figura 1. Captura de pantalla de OpenSWAD.org [55]. La pestaña activa en este caso es “Usuarios”, y la opción seleccionada dentro de esa pestaña es “Profesores”.

Primera pestaña: jerarquía

La primera pestaña (la que se muestra más a la izquierda) es una de estas seis:

1. *Sistema.* Configuración y administración global de países: búsqueda, listado y edición de países, lista de elementos pendientes de la jerarquía, eliminación de asignaturas antiguas no utilizadas, listado y edición de *banners*, listado y edición de enlaces del sistema, listado y edición de complementos y calendario académico.
2. *País.* Gestión de instituciones (universidades, institutos, colegios) del país seleccionado: búsqueda, información sobre el país, listado y edición de instituciones del país y calendario académico.

3. *Institución*. Gestión de centros (facultades, edificios) de la institución seleccionada: búsqueda, información sobre la institución, listado y edición de centros de la institución, listados y edición de departamentos de la institución, listado y edición de lugares (sedes o campus) de la institución, listado y edición de vacaciones en los lugares de la institución y calendario académico.
4. *Centro*. Gestión de titulaciones (carreras, estudios) del centro seleccionado: búsqueda, información sobre el centro, listado y edición de tipos de titulaciones, listado y edición de titulaciones del centro y calendario académico.
5. *Titulación*. Gestión de asignaturas (cursos, materias) de la titulación seleccionada: búsqueda, información sobre la titulación, listado y edición de asignaturas de la titulación y calendario académico.
6. *Asignatura*. Información y documentación de la asignatura seleccionada: búsqueda, información sobre la asignatura, guía docente, programa de teoría y prácticas, bibliografía, preguntas frecuentes (FAQ), enlaces, horario de clases y calendario académico.

Segunda pestaña: evaluación

Incluye las funcionalidades para la evaluación de los estudiantes en la asignatura: información sobre el sistema de evaluación, actividades, proyectos, test de autoevaluación, juegos usando el teléfono como mando a distancia, encuestas, convocatorias de exámenes y fichas de los estudiantes en la asignatura.

Tercera pestaña: archivos

Incluye las funcionalidades de subida/descarga y administración de archivos: documentos (apuntes, presentaciones, relaciones de problemas), archivos privados (solo para profesores), archivos compartidos entre estudiantes y profesores, subida y revisión de actividades y otros trabajos presentados por los estudiantes, consulta individualizada de calificaciones y maletín (disco virtual personal).

Cuarta pestaña: usuarios

Incluye las funcionalidades para la gestión de grupos y usuarios: inscripción en grupos, gestión de tipos de grupos y grupos, listas y fichas de estudiantes, edición de campos de fichas personalizados, lista de fichas incluyendo horario de tutorías de los profesores, otros (lista de administradores, listas y fichas de invitados, gestión de usuarios duplicados), administración de usuarios, control de asistencia, solicitudes de

inscripción, administración de solicitudes de inscripción, lista de usuarios conectados y últimos clics en tiempo real.

Quinta pestaña: social

Incluye funcionalidades de red social: línea de tiempo, perfiles públicos de los usuarios, foros de discusión y chat.

Sexta pestaña: mensajes

Incluye funcionalidades para la comunicación: notificaciones de eventos, listado y edición de dominios de correo electrónico permitidos para notificaciones, anuncios globales, avisos de la asignatura, mensajería web interna entre los usuarios de la plataforma (redacción de mensajes, mensajes recibidos, mensajes enviados) y correo electrónico a los estudiantes.

Séptima pestaña: estadísticas

Incluye las funcionalidades de estadística y monitorización de visitas: grandes cifras (utilización del sistema), estadísticas de titulaciones, indicadores de calidad de asignaturas, estadísticas de acceso a la asignatura (consulta por usuario, fecha, hora o acción, y lista detallada de accesos), estadísticas de acceso global (consulta por usuario, fecha, hora, acción, titulación o asignatura, y últimos clics en tiempo real), informe de uso y acciones frecuentes.

Octava pestaña: perfil

Incluye las funcionalidades de información personal del usuario identificado: registro, inicio de sesión, cambio de rol y cierre de sesión, lista de asignaturas del usuario, calendario, agenda, datos de la cuenta (apodo, correo electrónico, ID, contraseña), ficha con datos personales, institución, centro y departamento, páginas web y redes sociales, fotografía y preferencias personales.

3 Implementación eficiente de SWAD

En este apartado resumiremos la implementación actual de la plataforma, incluyendo los módulos de los que consta y las fuentes de datos. Para obtener una información más detallada pueden consultarse las páginas sobre código fuente [22], descarga del código [17], instalación [18], base de datos [16], traducción [23], API [19], registro de cambios [15] y mejoras futuras [20].

3.1 Módulos del programa

La plataforma SWAD está implementada como un programa único (realmente uno para cada idioma [23]) que utiliza la especificación CGI (*Common Gate Interface*). Este programa se ejecuta en el servidor web cada vez que un usuario hace clic en un botón o enlace dentro de la plataforma. El programa consulta la base de datos y realiza los cálculos necesarios para la acción actual, y genera todo el código HTML5 enviado a los clientes. SWAD se compone de varios módulos:

- Módulo principal (*swad-core*). El núcleo principal de SWAD implementa casi toda la funcionalidad de la plataforma, está programado en lenguaje C y usa una base de datos MySQL o MariaDB. No es habitual desarrollar una aplicación web escrita en C, pero el esfuerzo (estimado en aproximadamente 63 personas-año y con un costo de desarrollo de 3,4 millones de dólares según Open Hub [24]) se traduce en una plataforma muy ligera que permite el acceso a decenas o centenares de miles de usuarios en un solo servidor de gama media [21]. *swad-core* tiene más de 234,000 líneas de código fuente. Cada programa ejecutable (uno para cada idioma) tiene un tamaño de 2,2 MiB y en la mayor parte de las opciones genera la página en pocos milisegundos. El código fuente está disponible en GitHub [25] bajo licencia *GNU Affero GPLv3*.

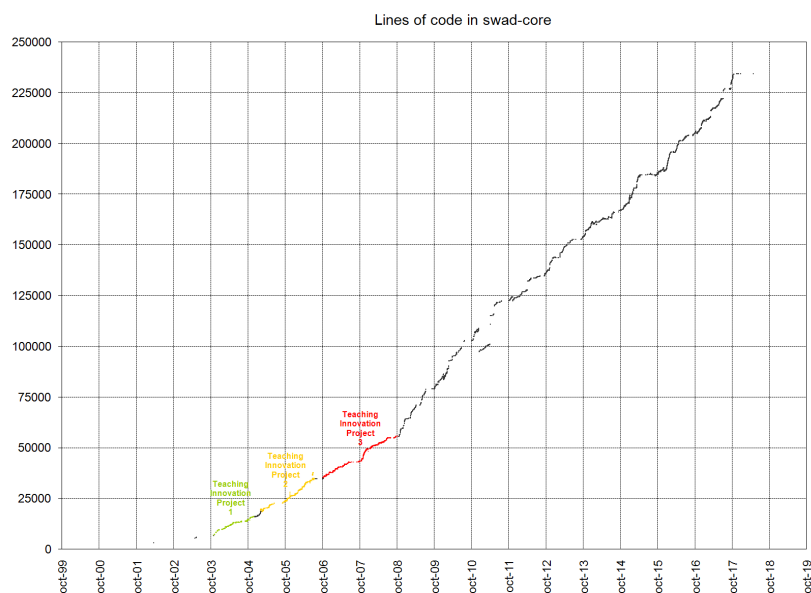


Figura 2. Número de líneas de código del módulo principal de SWAD, *swad-core*, desde 1999 hasta 2018.

La mejora continua en el número de características ofrecidas por *swad-core* se refleja en la cantidad de acciones diferentes que los usuarios pueden llevar a cabo (una acción es cada una de las posibles operaciones que un usuario puede realizar): 103 acciones al final de un primer proyecto de innovación docente en el que se difundió SWAD a la UGR (noviembre de 2004), 294 acciones al final de un segundo proyecto (julio de 2006), 515 acciones al final de un tercer proyecto (octubre de 2008) y 1350 acciones en el momento de escribir este trabajo (septiembre de 2018).

La Figura 2 muestra la evolución del número de líneas de código del módulo principal *swad-core*. Cada punto en la gráfica representa una versión. Todas las versiones se enumeran en el registro de cambios [15].

- Módulo de procesamiento de fotos (*fotomaton*). Este módulo, escrito en C++ [11, 51], detecta los rostros humanos presentes en una imagen subida por el usuario para generar la fotografía del perfil de dicho usuario. La detección de rostros se realiza mediante un clasificador en cascada [9, 51] y usa la biblioteca de visión por computador OpenCV [54]. Una vez seleccionado un rostro, el módulo también se encarga de cambiar el tamaño de la imagen y realizar diversas mejoras, como la comprobación de la claridad del fondo, la eliminación del ruido, la mejora del contraste y la saturación, y el balance de blancos.
- Módulos de promediado de fotografías (*foto_mediana* y *foto_promedio*). Las medianas y medias de las fotos de cada titulación se calculan mediante dos programas escritos en C++ [10].
- Servidor (*swad-ircd*) y cliente (*swad_chat*) de chat. El servidor de chat ha sido programado en C++ [12] y el cliente es un applet de Java [17]. Las últimas versiones de muchos navegadores ya no aceptan la ejecución de Java, por lo que estamos llevando a cabo la renovación del módulo de chat con otra tecnología.
- Aplicación para dispositivos Android (*SWADroid*). Es una app que puede descargarse de forma gratuita desde Google Play [7]. El esfuerzo de desarrollo del código de SWADroid [8, 1, 59, 40, 47] se estima en aproximadamente 9 personas-año y hubiera supuesto un coste de desarrollo de 0,5 millones de dólares según Open Hub [6]. El código fuente está disponible en GitHub [5] bajo licencias *GNU GPLv3* y *GNU LGPLv3*.
- Aplicación para dispositivos iOS (*iSWAD*). Es una app que puede descargarse de forma gratuita desde la App Store de Apple [43]. El código fuente está disponible en GitHub [44] bajo licencia *Apache License 2.0*.

Los detalles sobre la descarga del software se proporcionan en [17] y el procedimiento de instalación se detalla en [18].

La implementación de algunos de los módulos externos al núcleo de SWAD se ha llevado a cabo dentro del marco de 8 proyectos fin de carrera (PFC) de Ing. en Informática y 6 trabajos fin de grado (TFG) correspondientes al Grado en Ing. Informática, en ambos casos dentro de la Universidad de Granada, y que agrupamos a continuación según su funcionalidad:

- Procesamiento de fotografías:
 - PFC “*Detección y mejora automáticas de la calidad de fotografías de tipo carné*”, dic. 2003 [2].
 - TFG “*Optimización de un sistema automático de detección de caras en fotografías de tipo carné*”, sep. 2018 [51].
- App para Android (SWADroid):
 - PFC “*SWADroid, un cliente Android para la plataforma de teleformación SWAD*”, jul. 2011 [8, 5, 6, 7].
 - PFC “*SCAQR: Sistema de Control de Asistencia y calificación en prácticas basado en códigos QR y Android (SWAD)*”, jul. 2012 [1].
 - PFC “*Aplicación cliente de la plataforma SWAD para dispositivos Android*”, dic. 2012 [59].
 - TFG “*Ampliación de SWADroid*”, sep. 2014 [40].
 - TFG “*Ampliación y mejora de la aplicación SWADroid*”, sep. 2016 [47].
- App para iOS (iSWAD):
 - PFC “*Cliente iOS para la plataforma de docencia SWAD*”, sep. 2012 [52, 53].
 - TFG “*iSWAD: Ampliación del cliente iOS para la plataforma de docencia SWAD*”, sep. 2016 [3, 4].
 - TFG “*Ampliación y puesta en servicio de iSWAD, aplicación cliente de la plataforma OpenSWAD.org para dispositivos móviles iOS*”, sep. 2018 [42, 43, 44].
- Módulos relacionados con SWAD que no llegaron a producción o bien han dejado de usarse en versión actual:

- PFC “Pizarra virtual y chat para la plataforma de educación SWAD”, jul. 2007 [32].
- PFC “Gestión automática de páginas personales de profesores en un entorno web de gestión docente”, sep. 2011 [56].
- PFC “SWADE: Editor WYSIWYG para la plataforma docente SWAD”, sep. 2013 [48].
- TFG “TriSWADos: Trivial de la UGR”, jul. 2015 [33].

3.2 Fuentes de datos en SWAD

En este apartado detallaremos los datos que genera actualmente la plataforma SWAD y que son susceptibles de usarse en minería de datos educativa [60]. Podemos distinguir las siguientes fuentes de datos:

- Generadas por el propio programa
 - base de datos de SWAD
 - archivos subidos por usuarios (documentos, trabajos, etc.)
 - fotografías
- Generadas por el servidor web
 - registro de accesos del servidor web Apache
- Generadas externamente
 - estadísticas de visitas a la web en Google Analytics (opcional)
 - estadísticas de uso de SWADroid en Google Play
 - estadísticas de uso de iSWAD en App Store

Nos interesa centrarnos en los datos recabados por el propio programa *swad-core*, para no tener que depender de fuentes externas. A continuación daremos detalles sobre la base de datos, los archivos y las fotografías.

Base de datos

La base de datos relacional de SWAD [16] consta de 117 tablas (Figura 3). En ellas se guarda casi toda la información que maneja el software, exceptuando las fotografías y todos los archivos subidos por los usuarios. Según el tipo de información almacenado, podemos agrupar las tablas en 16 categorías que se muestran en las Tablas 1 a 16,. Es ellas se indican cifras correspondientes a las instalaciones de SWAD en la UGR [62] y en OpenSWAD.org [55] con fecha de septiembre de 2018.

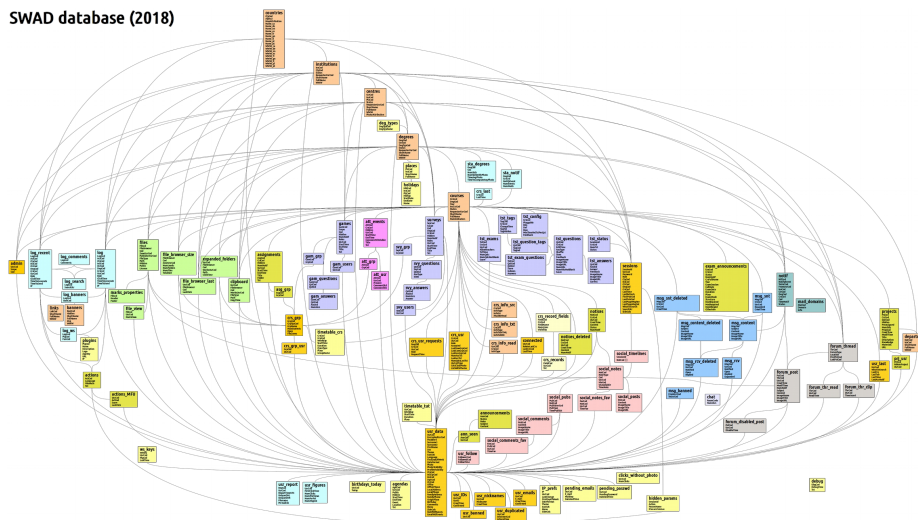


Figura 3. Base de datos de SWAD [16].

Tabla 1. Información sobre jerarquía en la base de datos (sep. 2018).

Grupo	Información	Tablas	Nº de elementos	
			SWAD-UGR	OpenSWAD
Jerarquía	<ul style="list-style-type: none"> · N.º de titulaciones en cada centro · N.º de asignaturas en cada titulación · N.º de asignaturas con usuarios · N.º de usuarios (según rol) por centro, titulación, asignatura, grupo ... 	countries	247	247
		institutions	22220	23108
		centres	104	1711
		degrees	466	2075
		courses	7347	2570
		crs_grp_types	2454	138
		crs_grp	6409	265
	<ul style="list-style-type: none"> · Relacionados con instituciones · Departamentos · Festivos 	departments	122	126
		holidays	30	0
	<ul style="list-style-type: none"> · Relacionados con centros · N.º centros y usuarios por ubicación 	places	7	943
<ul style="list-style-type: none"> · Relacionados con titulaciones · N.º de titulaciones, asignaturas y usuarios por tipo de titulación · N.º de estudiantes y fotos promedio de cada titulación 		deg_types	34	22
	sta_degrees	1704	4192	
Administradores	admin	387	329	

Tabla 2. Información sobre asignaturas en la base de datos (sep. 2018).

Grupo	Información	Tablas	Nº de elementos	
			SWAD-UGR	OpenSWAD
Información asignaturas	· Contenido de asignaturas (excepto archivos): · Info. sobre asignaturas · Guías docentes · Temarios · Bibliografía · FAQ · Enlaces · Sistema de evaluación · Quién ha leído cada info.	crs_info_src	20729	2224
		crs_info_txt	13370	1653
		crs_info_read	27873	999
	· Horarios	timetable_crs	6947	705
	· Convocatorias exámenes	exam_announcements	5308	247

Tabla 3. Información sobre actividades en la base de datos (sep. 2018).

Grupo	Información	Tablas	Nº de elementos	
			SWAD-UGR	OpenSWAD
Actividades	· N.º de actividades	assignments	8720	516
		asg_grp	2912	60

Tabla 4. Información sobre proyectos (TFG, TFM) en la base de datos (sep. 2018).

Grupo	Información	Tablas	Nº de elementos	
			SWAD-UGR	OpenSWAD
Proyectos	· N.º de proyectos · Usuarios de cada proyecto · Archivos de cada proyecto	projects	344	206
		prj_usr	1178	206

Tabla 5. Información sobre exámenes de test en la base de datos (sep. 2018).

Grupo	Información	Tablas	Nº de elementos	
			SWAD-UGR	OpenSWAD
Test	· Sobre las preguntas: · N.º de preguntas por asignatura · Tipo de preguntas · Puntuación media de preguntas	tst_questions	33281	3615
		tst_tags	2512	1239
		tst_question_tags	42724	3812
		tst_answers	113866	10411
		tst_config	472	282

		tst_status	20	29
	<ul style="list-style-type: none"> · Sobre los exámenes: · Quiénes responden · Cuándo responden · Dónde se equivocan · Trayectoria de cada estudiante 	tst_exams	94186	2402
		tst_exam_questions	1781184	27717

Tabla 6. Información sobre encuestas en la base de datos (sep. 2018).

Grupo	Información	Tablas	Nº de elementos	
			SWAD-UGR	OpenSWAD
Encuestas	<ul style="list-style-type: none"> · N.º de encuestas · N.º de encuestas por asignatura · Usuarios que han respondido · Estadísticas de las encuestas 	surveys	127	245
		svy_grp	16	8
		svy_questions	662	536
		svy_answers	3035	1952
		svy_users	4098	101

Tabla 7. Información sobre archivos en la base de datos (sep. 2018). En las Tablas 17 y 18 se muestran más detalles.

Grupo	Información	Tablas	Nº de elementos	
			SWAD-UGR	OpenSWAD
Archivos	<ul style="list-style-type: none"> · Sobre el propio archivo · Tipo · Tamaño · Licencia · Usuario que lo ha publicado · Titulación, asignatura · N.º de veces que se ha visto · Quiénes lo han visto 	files	1222789	26322
		file_view	7456103	39231
		file_browser_last	1238977	15934
		file_browser_size	350675	9861
	· Carpetas expandidas	expanded_folders	14506 <i>variable</i>	1083 <i>variable</i>
	· Portapapeles	clipboard	<i>variable</i>	<i>variable</i>
	· Propiedades tabla calificaciones	marks_properties	7444	65
	· <i>Permalinks</i> de informes de uso	usr_report	379	205

Tabla 8. Información sobre usuarios en la base de datos (sep. 2018).

Grupo	Información	Tablas	Nº de elementos	
			SWAD-UGR	OpenSWAD
Usuarios	· Sexo	usr_data	138221	24201

· Edad · Lugar de origen y domicilio · Perfiles en internet · Preferencias ...	usr_ids	144379	16147
	usr_nicknames	92503	23186
	usr_emails	126074	21795
	usr_figures	138095	24030
	usr_last	129825	22440
	usr_webs	9562	623
	usr_banned	1	0
	usr_duplicated	<i>variable</i>	<i>variable</i>
· Tutorías de profesores	timetable_tut	3897	110
· Agendas de usuarios	agendas	105	91
· Usuarios en línea	sessions	<i>variable</i>	<i>variable</i>
	connected	<i>variable</i>	<i>variable</i>
· Otros	pending_passwd	<i>variable</i>	<i>variable</i>
	pending_emails	<i>variable</i>	<i>variable</i>
	clicks_without_photo	15562	1000
	birthdays_today	<i>variable</i>	<i>variable</i>

Tabla 9. Información sobre inscripciones de usuarios en asignaturas y grupos en la base de datos (sep. 2018).

Grupo	Información	Tablas	Nº de elementos	
			SWAD-UGR	OpenSWAD
Inscripciones	· Usuarios por: · Institución · Centro · Titulación · Asignatura · Grupo · Asignaturas por usuario ...	crs_usr	366758	6907
		crs_usr_requests	1238	19
		crs_last	6932	1884
		crs_grp_usr	110918	1488
	· Fichas personalizadas para cada asignatura	crs_record_fields	2015	28
		crs_records	11059	13

Tabla 10. Información sobre asistencia a clase en la base de datos (sep. 2018).

Grupo	Información	Tablas	Nº de elementos	
			SWAD-UGR	OpenSWAD

Control de asistencia	· N.º de eventos de asistencia · N.º de estudiantes en cada evento	att_events	2239	146
		att_grp	1002	59
	· Eventos a los que asiste cada estudiante · Comentarios de usuarios	att_usr	28308	1835

Tabla 11. Información sobre la red social en la base de datos (sep. 2018).

Grupo	Información	Tablas	Nº de elementos	
			SWAD-UGR	OpenSWAD
Red social	· Relaciones (seguidores-seguidos) · Posts y comentarios · Compartidos · Favoritos	usr_follow	4205	2645
		social_pubs	13572	1394
		social_notes	13314	1219
		social_posts	180	271
		social_comments	176	104
		social_notes_fav	193	124
		social_comments_fav	208	140
		social_timelines	<i>variable</i>	<i>variable</i>

Tabla 12. Información sobre foros y chat en la base de datos (sep. 2018).

Grupo	Información	Tablas	Nº de elementos	
			SWAD-UGR	OpenSWAD
Foros y chat	· N.º de discusiones · N.º de posts por discusión · Usuarios que escriben en los foros · Usuarios que leen los foros	forum_thread	8683	267
		forum_post	61967	1034
		forum_disabled_post	242	1
		forum_thr_read	257940	1132
		forum_thr_clip	<i>variable</i>	<i>variable</i>
	· Usuarios en salas de chat	chat	<i>variable</i>	<i>variable</i>

Tabla 13. Información sobre anuncios y avisos en la base de datos (sep. 2018).

Grupo	Información	Tablas	Nº de elementos	
			SWAD-UGR	OpenSWAD
Anuncios y avisos	· Anuncios globales	announcements	59	36
		ann_seen	102451	615
	· Avisos en asignaturas	notices	12210	180
		notices_deleted	75094	164

Tabla 14. Información sobre mensajes en la base de datos (sep. 2018).

Grupo	Información	Tablas	Nº de elementos	
			SWAD-UGR	OpenSWAD
Mensajes	<ul style="list-style-type: none"> · N.º de mensajes · N.º de mensajes por asignatura · N.º de mensajes por usuario · N.º de destinatarios · Tamaño de los mensajes · Tiempo en responder ... 	msg_snt	1235699	2750
		msg_snt_deleted	667692	380
		msg_rcv	14351422	9310
		msg_rcv_deleted	6245062	724
		msg_content	1602182	3061
		msg_content_deleted	300554	69
		msg_banned	3060	5
	<ul style="list-style-type: none"> · N.º de notificaciones y correos de notificación enviados para cada tipo 	notif	239036 <i>variable</i>	11877 <i>variable</i>
		sta_notif	20433	915
		mail_domains	118	235

Son de especial interés las tablas en las que se guardan los registros históricos de accesos y búsquedas (Tabla 15). Cada vez que un usuario pulsa en una opción, se envía una petición al servidor, donde se ejecuta el núcleo de SWAD. En SWAD-UGR se han observado picos de hasta 2000 clics por minuto (30/s), aunque es más habitual una tasa de accesos de 100 a 400 clics por minuto (2-7/s). El programa *swad-core* consulta la base de datos en el servidor realizando decenas o cientos de consultas por cada clic, genera todo el contenido HTML5 de la página, lo envía al navegador (cliente) del usuario, y guarda el acceso en las tablas de *log* del servidor.

La tabla *log_full* es, con diferencia, la más grande de la base de datos, ocupando alrededor del 90% del espacio en disco. A fecha de septiembre de 2018, en SWAD-UGR esta tabla requiere 66 GiB de disco (91% de 72 GiB, que es el espacio ocupado por todas las tablas), y en OpenSWAD 465 MiB de disco (84% de 554 MiB).

Tabla 15. Registro de accesos en la base de datos (sep. 2018).

Grupo	Información	Tablas	Nº de elementos	
			SWAD-UGR	OpenSWAD
Registro de accesos	<ul style="list-style-type: none"> · Información detallada de accesos: · Por rol de usuario · Por usuario · Por acción 	log_full	448196753	2916656
		log_recent	729129 <i>variable</i>	52604 <i>variable</i>
		log_comments	1341662	2934

<ul style="list-style-type: none"> · Por titulación · Por asignatura · Por fechas ... · Búsquedas 	log_ws	59203049	377581
	log_search	38854	9316
	log_banners	31892	1116
	actions	1567	1573
	actions_MFU	3747351	214517

Tabla 16. Información en otras tablas de la base de datos (sep. 2018).

Grupo	Información	Tablas	Nº de elementos	
			SWAD-UGR	OpenSWAD
Miscelánea	· Enlaces y banners publicitarios	links	7	7
		banners	46	22
	· Complementos y servicio web	plugins	8	2
		ws_keys	13014 <i>variable</i>	860 <i>variable</i>
	· Datos temporales	IP_prefs	12059 <i>variable</i>	565 <i>variable</i>
		hidden_params	<i>variable</i>	<i>variable</i>
debug		<i>variable</i>	<i>variable</i>	

Archivos

En la Tabla 7 se ha resumido la información sobre archivos que guarda la base de datos. Aparte de estos metadatos, en el sistema de archivos del servidor se almacenan los archivos propiamente dichos. En las Tablas 17 y 18 se muestran detalles sobre el número de carpetas y archivos en SWAD-UGR y en OpenSWAD, respectivamente.

Tabla 17. Carpetas y archivos en SWAD-UGR (sep. 2018).

Zonas de archivos	Asignaturas	Grupos	Usuarios	Máx. niveles	Carpetas	Archivos	Tamaño	Carpetas/ asg.	Archivos/ asg.	Tamaño/ asg.	Carpetas/ usr.	Archivos/ usr.	Tamaño/ usr.
Documentos (asg.)	5274	-	-	9	31565	147455	390,2 GiB	6,0	28,0	75,8 MiB	-	-	-
Documentos (grp.)	154	543	-	5	1154	4261	7,2 GiB	7,5	27,7	48,0 MiB	-	-	-
Privados (asg.)	705	-	-	5	75	432	2,4 GiB	0,1	0,6	3,5 MiB	-	-	-
Privados (grp.)	26	74	-	3	10	57	24,6 MiB	0,4	2,2	968,4 KiB	-	-	-
Compartidos (asg.)	5085	-	-	10	7769	45164	171,9 GiB	1,5	8,9	34,6 MiB	-	-	-
Compartidos (grp.)	234	860	-	7	553	3838	4,1 GiB	2,4	16,4	18,1 MiB	-	-	-
Calificaciones (asg.)	2539	-	-	5	925	5704	830,5 MiB	0,4	2,2	334,9 KiB	-	-	-
Calificaciones (grp.)	74	220	-	3	113	588	32,9 MiB	1,5	7,9	454,8 KiB	-	-	-
Actividades	3376	-	58157	7	235304	134182	165,7 GiB	69,7	39,7	50,2 MiB	4,0	2,3	2,9 MiB
Trabajos	3944	-	63110	9	32172	286995	377,4 GiB	8,2	72,8	98,0 MiB	0,5	4,5	6,1 MiB
Total	5988	1094	-	10	249800	626645	1,1 TiB	41,7	104,7	191,0 MiB	-	-	-
Zonas de archivos	Asignaturas	Grupos	Usuarios	Máx. niveles	Carpetas	Archivos	Tamaño	Carpetas/ asg.	Archivos/ asg.	Tamaño/ asg.	Carpetas/ usr.	Archivos/ usr.	Tamaño/ usr.
Maletines	-	-	27777	9	11401	72564	187,9 GiB	-	-	-	0,4	2,6	6,9 MiB

Tabla 18. Carpetas y archivos en OpenSWAD (sep. 2018).

Zonas de archivos	Asignaturas	Grupos	Usuarios	Máx. niveles	Carpetas	Archivos	Tamaño	Carpetas/ asg.	Archivos/ asg.	Tamaño/ asg.	Carpetas/ usr.	Archivos/ usr.	Tamaño/ usr.
Documentos (asg.)	509	-	-	5	1346	4306	15,8 GiB	2,6	8,5	31,7 MiB	-	-	-
Documentos (grp.)	16	34	-	3	20	68	18,2 MiB	1,2	4,2	1,1 MiB	-	-	-
Privados (asg.)	189	-	-	3	22	72	243,6 MiB	0,1	0,4	1,3 MiB	-	-	-
Privados (grp.)	10	12	-	2	2	2	51,3 KiB	0,2	0,2	5,1 KiB	-	-	-
Compartidos (asg.)	504	-	-	5	289	1284	3,1 GiB	0,6	2,5	6,3 MiB	-	-	-
Compartidos (grp.)	19	30	-	4	45	81	90,5 MiB	2,4	4,3	4,8 MiB	-	-	-
Calificaciones (asg.)	208	-	-	2	35	55	3,1 MiB	0,2	0,3	15,4 KiB	-	-	-
Calificaciones (grp.)	12	17	-	2	2	10	488,1 KiB	0,2	0,8	40,7 KiB	-	-	-
Actividades	185	-	1900	4	2367	1036	1,3 GiB	12,8	5,6	7,0 MiB	1,2	0,5	701,6 KiB
Trabajos	185	-	1900	5	583	1563	1,6 GiB	3,2	8,4	8,9 MiB	0,3	0,8	890,8 KiB
Total	771	48	-	5	3762	8473	22,1 GiB	4,9	11,0	29,3 MiB	-	-	-
Zonas de archivos	Asignaturas	Grupos	Usuarios	Máx. niveles	Carpetas	Archivos	Tamaño	Carpetas/ asg.	Archivos/ asg.	Tamaño/ asg.	Carpetas/ usr.	Archivos/ usr.	Tamaño/ usr.
Maletines	-	-	3589	5	117	456	1,4 GiB	-	-	-	0,0	0,1	402,7 KiB

Fotografías de los usuarios

SWAD almacena las fotografías con el rostro de los usuarios a partir de las imágenes enviadas por ellos mismos. Se guardan tanto las imágenes originales, con fines de entrenamiento del detector de rostros [9, 51], como las procesadas por dicho detector, que son las que se muestran a los usuarios. En las Tablas 19 y 20 se muestra el número de fotografías de usuarios en SWAD-UGR y OpenSWAD respectivamente.

El módulo *fotomaton* realiza una detección de rostros presentes en la imagen enviada por el usuario, en la que pueden aparecer varias personas. El programa muestra la imagen original con círculos verdes rodeando los rostros detectados en posición frontal y con el fondo blanco o claro, y círculos rojos en los rostros que también están en posición frontal pero tienen el fondo oscuro. El usuario puede elegir uno de los rostros en verde.

La detección de rostros se realiza mediante un clasificador en cascada, similar al entrenado en 2001 por Paul Viola y Michael Jones [64]. En 2007 entrenamos el clasificador de rostros con unas 22 000 fotografías [9], y desde ese año hasta 2018 estuvimos usando dicho clasificador con unos resultados satisfactorios. No obstante, en algunos casos no se detectaban correctamente rostros que a priori tenían una posición e iluminación correctas. En 2018 se ha vuelto a entrenar el clasificador con muchas más imágenes, con una mejora clara en los resultados [51]. Se ha obtenido un mayor índice de aciertos y un menor tiempo de cómputo en la detección de rostros. En lugar de usar nuestra propia implementación del entrenador [9], se han utilizado las herramientas proporcionadas por la biblioteca OpenCV [54] para entrenar clasificadores en cascada. El nuevo clasificador es menos robusto en algunos casos que el anterior en cuanto a falsos positivos (aunque su tasa de falsos positivos sigue siendo baja, entre un 1% y un 6%), pero lo compensa con una tasa de acierto más alta. En imágenes formales de orlas de clase con decenas o cientos de personas, los aciertos han pasado de un 95,56% a un 99,43%; esto supone un 13% de errores respecto al clasificador anterior, o un 87% de disminución de errores. En imágenes

informales de grupos de personas los aciertos han pasado de un 79,19% a un 87,27%, es decir, el nuevo clasificador obtiene un 61% de errores respecto al clasificador anterior, o un 39% de disminución de errores. Además, el nuevo clasificador es más eficiente, disminuyendo el tiempo de detección aproximadamente a la mitad.

Tabla 19. Fotografías de usuarios en SWAD-UGR (sep. 2018).

Fotografías	Espacio en disco	N.º de fotos	Tamaño promedio
Originales	26,3 GiB	100302	275,4 KiB/foto
Procesadas	1,2 GiB	97134	12,6 KiB/foto
Total	27,5 GiB	197436	146,1 KiB/foto

Tabla 20. Fotografías de usuarios en OpenSWAD (sep. 2018).

Fotografías	Espacio en disco	N.º de fotos	Tamaño promedio
Originales	1 852,1 MiB	4774	397,3 KiB/foto
Procesadas	40,6 MiB	3158	13,2 KiB/foto
Total	1 892,7 MiB	7932	244,3 KiB/foto

Otra aplicación interesante que podría plantearse usando las fotos de los usuarios sería pasar de un sistema de *detección* de rostros a un sistema de *reconocimiento* de caras que permitiera nuevos usos como:

- controlar la asistencia a clases presenciales mediante una fotografía global de la clase
- controlar si el usuario que está al otro lado es quien dice ser (por ejemplo en exámenes en línea o en MOOC)

3.3 Servidor web

En este apartado detallamos el hardware y el software de sistema de los distintos servidores web en los que se ha instalado la plataforma.

En el caso de SWAD-UGR, se han usado 6 servidores distintos desde 1999:

1. Durante las primeras etapas de desarrollo de SWAD, desde septiembre de 1999 hasta octubre de 2004, SWAD-UGR compartió ubicación en el mismo

servidor atc.ugr.es usado para el correo electrónico y el portal web del Departamento de Arquitectura y Tecnología de Computadores.

2. Desde el 8 de octubre de 2004 hasta el 11 de febrero de 2007, SWAD-UGR utilizó el servidor de uso exclusivo swad.ugr.es. Disponía de un procesador Pentium 4 HT a 3,2 GHz, 2 GiB de memoria RAM DDR-400, y un sistema de almacenamiento SATA RAID 1 con dos discos duros de 160 GB. En ese servidor, la plataforma utilizaba el servidor web Apache 2.0 y el servidor de bases de datos MySQL 4.1.9 sobre GNU/Linux Fedora Core 3.
3. Desde el 11 de febrero de 2007 hasta el 15 de febrero de 2009, un nuevo servidor de SWAD-UGR disponía de un procesador Intel Core 2 Duo a 2,4 GHz, 4 GiB de memoria RAM DDR2-667, y un sistema de almacenamiento SATA 2 RAID 1 con dos discos duros de 500 GB. La plataforma utilizaba el servidor web Apache 2.2 y el servidor de bases de datos MySQL 5.0.27 sobre GNU/Linux Fedora Core 6.
4. Desde el 15 de febrero de 2009 hasta el 17 de diciembre de 2010, SWAD-UGR utilizó un servidor que disponía de un procesador Intel Core 2 Quad Q9550 a 2,83 GHz, 4 GiB de memoria RAM DDR3, y un sistema de almacenamiento con dos discos duros SATA 2 de 1 TB (7 200 rpm), y otros dos discos de 146 GB (15 000 rpm) montados en RAID 1. En este servidor la plataforma utilizó el servidor web Apache 2.2 y el servidor de bases de datos MySQL 5.0.77 sobre GNU/Linux Fedora Core 10.
5. Desde el 17 de diciembre de 2010 hasta el 18 de septiembre de 2016 la plataforma SWAD-UGR estuvo alojada en un servidor adquirido por el Centro de Enseñanzas Virtuales de la UGR (CEVUG). Se trataba de un servidor enracable HP ProLiant DL380 G6 de 2U (Figura 4) con las siguientes características:
 - 2 procesadores Intel Xeon E5540 (2,53 GHz, 4 núcleos, 8 hebras, 8 MiB de caché L3, reloj DDR3 a 1066 MHz).
 - 24 GiB de memoria RAM DDR3-1333 (PC3-10600 *registered*, 6 módulos DIMM de 4 GiB), funcionando a 1066 MHz. Cada procesador tenía un acceso de tres canales a 12 GiB de RAM (3 DIMM de 4 GiB)
 - 4 discos de 146 GB 6G SAS 15 000 rpm, en RAID 1+0, para el sistema operativo y la base de datos, con un tamaño total de 292 GB.

- 4 discos de 500 GB 6G SAS 7 200 rpm, en RAID 5, para los archivos de las asignaturas y los discos virtuales de los usuarios, con un tamaño total de 1,5 TB.
- Sistema operativo CentOS 5.7.



Figura 4. 5º servidor de SWAD-UGR, usado desde 2010 a 2016 [21].

6. Desde el 19 de septiembre de 2016 la plataforma SWAD está alojada en un servidor adquirido por el Departamento de Arquitectura y Tecnología de Computadores. Se trata de un servidor enracable HP ProLiant DL160 G9 de 1U (Figura 5) con las siguientes características:
 - 2 procesadores Intel Xeon E5-2620 v3 (2,4 GHz, 6 núcleos, 12 hebras, 15 MiB de caché L3, reloj DDR4 a 1866 MHz).
 - 32 GiB de memoria RAM DDR4-2133 (PC4-17000 *registered*, 2 módulos DIMM de 16 GiB), funcionando a 1866 MHz. Cada procesador tiene un acceso un módulo de 16 GiB de RAM.
 - 4 discos de 146 GB 653950 6G SAS 15 000 rpm, en RAID 1+0, para el sistema operativo y la base de datos, con un tamaño total de 292 GB.
 - 4 discos de 1 TB 653954 6G SAS 7 200 rpm, en RAID 5, para los archivos de las asignaturas y los discos virtuales de los usuarios, con un tamaño total de 3 TB.
 - Sistema operativo CentOS 7.2, con un servidor web Apache 2.4.5 y un servidor de bases de datos MySQL 5.6.73.



Figura 5. 6º servidor (actual) de SWAD-UGR, usado desde 2016 [21].

En el caso de OpenSWAD, se utiliza un “servidor dedicado” alquilado en la compañía Hetzner Online AG y ubicado en Alemania. En marzo de 2012 escogimos un servidor dedicado EX4 para OpenSWAD por su buena relación prestaciones / precio. En este tipo de servidor el proveedor nos da un usuario *root* y nosotros tenemos que configurar el sistema por nuestros propios medios, al contrario que en un “servidor gestionado” que resultaría mucho más caro. El coste mensual de este servidor era de 49€ con un coste de puesta en servicio de 149€. Algunas de sus características eran: procesador Intel Core i7-2600 Quadcore, RAM de 16 GiB DDR3, 2 discos duros de 3 TB SATA 6 Gbits/s 7 200 rpm (Software-RAID 1), tarjeta de red de 1 Gbits/s conectada a 100 Mbits/s, espacio de copias de seguridad de 100 GB y una conexión restringida a 10 Mbits/s en caso de que se superen los 10 TB/mes de bajada. En cuando al software, entre varios sistemas operativos preinstalados que ofrecía el proveedor, escogimos la distribución de GNU/Linux CentOS 5.7.

En mayo de 2014 actualizamos el servidor de OpenSWAD a un servidor dedicado EX40, que incluye las siguientes características al mismo precio de 49€/mes y una puesta en marcha de 49€: procesador Intel Core i7-4770 Quadcore Haswell, RAM de 32 GiB DDR3, 2 discos duros de 2 TB SATA 6 Gbits/s 7 200 rpm (Software-RAID 1), conexión de 1 Gbits/s con un ancho de banda garantizado de 200 Mbits/s, espacio de copias de seguridad de 100 GB, y 20 TB de bajada al mes con conexión restringida a 10 Mbits/s si se supera dicho límite. En este nuevo servidor escogimos una distribución GNU/Linux CentOS 6.5, con un servidor web Apache 2.2.15 y un servidor de bases de datos MySQL 5.1.73.

En 2016 instalamos además un servidor de swad en una Raspberry Pi 2 para comprobar si era posible dar servicio a una institución educativa pequeña con un coste muy económico. Ante la dificultad de configuración de la red con el sistema original Raspbian, optamos por una distribución de GNU/Linux Ubuntu Mate 16.04. La instalación y compilación resultaron muy lentas en comparación con un servidor medio. Como ejemplo, el tiempo de compilación del núcleo de SWAD fue de 0'25'' en SWAD-UGR, 0'12'' en OpenSWAD y 7'30'' en la Raspberry Pi 2. La compilación de OpenCV requirió varias horas. Una vez finalizada la instalación pudimos comprobar que el sistema funcionaba a una velocidad aceptable (aunque apreciablemente más lenta que en un servidor o un PC de gama media), pero solo con un mecanismo de almacenamiento MyISAM para las tablas de la base de datos, ya que el mecanismo InnoDB que usa MySQL por omisión lo hacía completamente inusable por su extrema lentitud. La instalación de demostración estuvo funcionando ininterrumpidamente en <https://swadberrry.ugr.es/> durante un año, desde julio de 2016 hasta el verano de 2017 (Figura 6). Transcurrido ese tiempo probablemente la tarjeta SD sufrió daños y el sistema de archivos se corrompió, dejando de funcionar, por lo que creemos que no se trata de una solución fiable a medio o largo plazo.

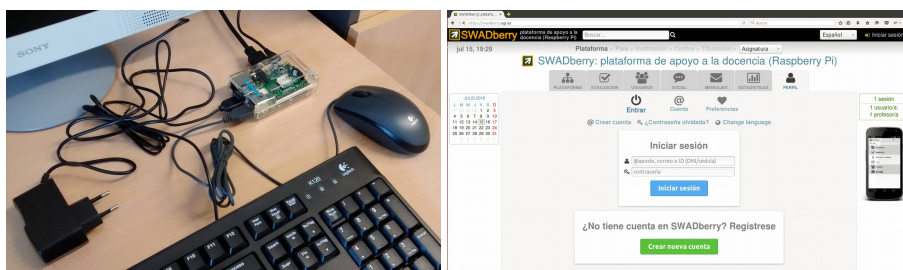


Figura 6. Instalación de SWAD en una Raspberry Pi 2.

4 Trabajo futuro

Hay un sinnúmero de mejoras propuestas por los usuarios y los propios autores [20]. Sin embargo, queremos centrarnos en la integración en la plataforma de tres técnicas o líneas de trabajo que consideramos prioritarias: la gamificación, la geolocalización y la minería de datos. También pretendemos estudiar si estas mejoras influyen en la mejora del rendimiento académico, la evaluación, la tutoría y la satisfacción de los estudiantes respecto a su proceso de formación, y en la satisfacción de los profesores respecto al uso de las TIC como apoyo a su trabajo como docentes. Este propósito es muy amplio, de modo que hemos dividido la propuesta en cinco objetivos concretos:

1. Incorporación de *nuevas funcionalidades* en la plataforma y mejora de algunas de las existentes para su integración posterior con gamificación, geolocalización y minería de datos.
2. Integración de *gamificación* basada en elementos típicos de juegos en todas aquellas funcionalidades de la plataforma web y las aplicaciones móviles donde tenga sentido hacerlo.
3. Integración de *geolocalización* en interiores para mejorar la localización en tiempo real de usuarios dentro de las dependencias institucionales y el control de asistencia (se estudiarán otras posibles aplicaciones).
4. Integración de técnicas de *minería de datos educativa* (EDM) [60] para mejorar la evaluación del estudiante en la plataforma, identificar consejos de estudio para los estudiantes, y ofrecer alertas a estudiantes y profesores.
5. *Análisis* de los cambios educativos que supone la incorporación de las nuevas funcionalidades, métodos y técnicas en cuanto a motivación y participación de los estudiantes, resultados académicos, y grado de uso y satisfacción por parte del profesorado.

A continuación se desglosan cada uno de estos cinco objetivos en tareas concretas:

Objetivo 1. *Incorporación de nuevas funcionalidades en la plataforma y mejora de algunas de las existentes* para su integración posterior con gamificación, geolocalización y minería de datos. En la hoja de ruta de SWAD [20] se recogen las mejoras propuestas por el equipo de desarrollo o por los usuarios. En este primer objetivo se pretende dar prioridad a aquellas funcionalidades necesarias para incorporar con mayor eficacia las técnicas de gamificación, geolocalización y minería de datos propuestas en otros objetivos. Esta mejora previa comprende las siguientes tareas:

- *Diseño instructivo de la asignatura con planificación temporal.* Consistirá en la creación de una nueva funcionalidad en la plataforma que centralice el diseño instructivo de la asignatura o curso, con una clara componente de planificación temporal (semanal o diaria) de actividades y recursos. SWAD ahora mismo reparte esta funcionalidad entre distintas opciones como el programa, los documentos, las actividades, los horarios, los eventos de asistencia o los test de autoevaluación. En el nuevo diseño se podrán asignar las tareas correspondientes a cada día. Haciendo clic en un día se podrán ver con detalle: el contenido de las clases de ese día, referencias a archivos (de la zona de documentos) de la clase correspondiente de ese día, fechas

límites de entrega de trabajos, cancelación de clases, fechas de conferencias, etc. Se incluirá un apartado para contenido previsto de cada clase y otro para contenido impartido realmente, de modo que:

- el estudiante tenga claro de antemano qué se prevé dar en cada clase
 - el estudiante sepa qué se ha dado en cada clase
 - el profesor planifique sus clases
 - el profesor compruebe cómo se ajusta la realidad a la planificación
- *Seguimiento del tiempo y partes de actividad* de los estudiantes. Un aspecto a desarrollar relacionado con el anterior es el seguimiento del tiempo dedicado por los estudiantes a cada parte de la asignatura. En general, los estudiantes dedican menos tiempo a la asignatura que el que se recomienda en la guía docente, concentrando las horas de estudio al final del curso, justo antes del examen [61]. La herramienta estimará el tiempo real dedicado por los estudiantes y lo comparará con el que estaba especificado en la planificación.

Esta nueva funcionalidad, que estimará el tiempo empleado por los estudiantes en la plataforma, podrá complementarse con partes de actividad [35], donde el propio estudiante podrá indicar el tiempo que va dedicando a estudio de teoría, resolución de problemas, trabajos y prácticas fuera de la plataforma. Aparte de las columnas relacionadas con las asignaturas, también pueden añadirse otras para actividades como dormir, deporte, relaciones sociales, tv/juegos, etc. Un parte de actividad consta de cuatro parámetros: quién, qué, cuándo, cuánto. El estudiante solo rellenará el cuánto, puesto que los otros parámetros son conocidos. La aplicación posterior de minería de datos podrá realizar recomendaciones a los estudiantes sobre la gestión de su tiempo. El objetivo es que el estudiante aprenda a desarrollar las competencias de gestión del tiempo y autoplanificación.

- *Wiki*. Creación de un wiki integrado en la plataforma para redactar contenidos de la asignatura o para realizar trabajos académicos en pequeños grupos de forma colaborativa.
- *Horarios y calendario mejorados*. Incorporación de mejoras en los horarios y el calendario, integrándolos con las funcionalidades de diseño instructivo, actividades, encuestas, convocatorias, agenda, y en general, con cualquier funcionalidad que implique eventos en el tiempo.

- *Exámenes mejorados.* Mejora del sistema de exámenes de tipo test añadiendo ciertas características sugeridas por los profesores que más lo usan. Entre ellas se añadiría a las preguntas una puntuación parcial por curso académico adicional a la puntuación global o histórica.
- *Subida de trabajos desde el móvil.* Nueva opción de escaneo (usando la cámara integrada) y subida a la plataforma de trabajos escritos a mano, desde las apps móviles. Esta opción permitiría, por ejemplo, subir problemas realizados en el aula justo al terminar de resolverlos.
- *Calificaciones integradas en la plataforma.* Mejora de la funcionalidad de campos personalizados de fichas hasta convertirla en una herramienta de calificaciones similar a la hoja de cálculo externa que muchos profesores usan para guardar y sumar todas las notas. Esta herramienta debería integrarse con todas las opciones que pueden generar calificaciones: exámenes de test, entrega de actividades y trabajos, entrega de archivos de proyectos, control de asistencia, etc.
- *Funcionalidades de comunicación mejoradas:*
 - *Mejora de los foros* incorporando nuevas características sugeridas por profesores y estudiantes.
 - *Sustitución del módulo de chat* actual [12], que ya no es admitido por las últimas versiones de los navegadores, por un nuevo módulo ya en desarrollo, basado en HTML5 en lugar de Java, que tendría un aspecto y funcionamiento parecido a los de aplicaciones de mensajería como WhatsApp o Telegram.
 - *Mejora del sistema de mensajería* incorporando un selector de respuesta requerida, para poder usar el porcentaje de mensajes respondidos en la generación de informes.

Se podrían añadir algunas otras funcionalidades si se concluye que resultan necesarias para la consecución de los objetivos 2, 3 y 4.

Objetivo 2. *Integración de gamificación* basada en elementos típicos de juegos —puntos, insignias, marcadores, *karma*, barras de progreso, niveles— en todas las funcionalidades de la plataforma web y las aplicaciones móviles donde tenga sentido hacerlo, tanto para estudiantes como para profesores y otros usuarios. Este objetivo lo dividimos en las siguientes tareas:

- *ARS integrado.* Creación de un sistema de juegos interactivos en el aula integrado en la plataforma, del tipo sistema de respuesta de audiencia o

ARS (por las iniciales de *audience response system*) [46], que aproveche el banco de preguntas de tipo test existente. Estos sistemas suelen emplear mandos a distancia adquiridos por el centro educativo (por ejemplo EduClick [34] o QOMO Qclick [58]) o directamente los teléfonos móviles de los estudiantes con apps como Kahoot! [45] para responder preguntas de tipo test lanzadas por el profesor en la pantalla.

- *Puntuaciones e insignias* en funcionalidades globales y de la asignatura. Se trata de añadir un sistema de puntuación para el usuario tanto en las funcionalidades globales —independientes de la asignatura— como en las funcionalidades propias de la asignatura seleccionada:
 - *Funcionalidades globales*: se obtendrán puntos cuando se realicen ciertas tareas en las funcionalidades existentes (por ejemplo, rellenar los datos personales, escribir en la red social o en foros globales) y en las nuevas funcionalidades (por ejemplo, rellenar partes de actividad). Los administradores de la plataforma podrán configurar dónde se obtienen puntos y bajo qué criterios.
 - *Funcionalidades de la asignatura*: se obtendrán puntos cuando se realicen ciertas tareas en las funcionalidades existentes (por ejemplo, descargar archivos, subir archivos, realizar exámenes de autoevaluación, responder encuestas, escribir en el foro) y en las nuevas funcionalidades (por ejemplo, editar en el wiki, rellenar partes de actividad, participar en juegos de mando a distancia). Este sistema otorgará insignias definidas por el profesor cuando se alcancen diferentes objetivos. Los profesores podrán configurar no solo dónde se obtienen puntos en la asignatura sino con cuántos puntos en cada caso y con qué criterios se obtienen las insignias.
- *Sistema de karma*. Implementación de un sistema de *karma* similar al del agregador de noticias Menéame [50] para los usuarios, la línea de tiempo de la red social, los foros y las zonas de archivos. El cálculo del karma requiere que los usuarios puedan valorar positiva o negativamente los comentarios en la línea de tiempo y los foros, y los archivos en las zonas de archivos.
- *Barras de progreso*. Se añadirán barras de progreso en el perfil del usuario y en la asignatura:
 - Barra de progreso del perfil de usuario, similar a la que existe en redes sociales como LinkedIn [63], ya que en OpenSWAD hemos

detectado que un gran porcentaje de usuarios se registra pero no completa su perfil.

- Barras de progreso en la asignatura. Se trata de implantar una barra de progreso global para el usuario en la asignatura, y barras de progreso individuales para el usuario en elementos como temas, actividades, semanas, etc. que puedan descomponerse en subtareas.

Objetivo 3. *Integración de geolocalización en interiores*, basada en mapeo WiFi para la aplicación móvil —y estudio de viabilidad de geolocalización de HTML5 para la versión web—, para mejorar la localización en tiempo real de usuarios dentro de las dependencias institucionales y el control de asistencia. Además se estudiarán otras posibles aplicaciones. Este objetivo lo dividimos en las siguientes tareas:

- *Prototipo para la app móvil y para el navegador*. Se desarrollará un prototipo de geolocalización en interiores para las apps móviles:
 - Sería inútil saber qué señales vemos si no sabemos dónde están. Por ello es necesario crear una base de datos con puntos de acceso y ubicaciones. En el prototipo se mapearán algunos edificios de la UGR: toda la ETSIIT y algunas dependencias de otros edificios institucionales (CITIC, Facultad de Ciencias, etc.).
 - Con la red WiFi previamente mapeada geográficamente, se estudiará si es posible ubicar nuestra posición con un nivel razonable de precisión. Para llevar a cabo la geolocalización en interiores con mapeo WiFi se estudiarán aplicaciones de software libre como FIND [37].

También se estudiará la posibilidad de ubicar a los usuarios que usen el navegador en lugar de la app:

- Se estudiará la viabilidad del uso de la geolocalización proporcionada por la API de geolocalización de HTML5 para la versión web.
- *Incorporación de funciones a la API de SWAD* (en el servidor) para almacenamiento de puntos de acceso y ubicación en tiempo real.
- *Integración del prototipo en las apps SWADroid e iSWAD* y pruebas para generación de la base de datos, ubicación de profesores y estudiantes, y control de asistencia.

- *Integración de la creación de la base de datos.* Cualquier usuario podrá añadir un nuevo punto de acceso, que quedará en la base de datos en el estado “pendiente” para su revisión por los administradores.
- *Integración de la ubicación de usuarios* (profesores, compañeros de clase, usuarios seguidos en la red social) dentro de las dependencias institucionales. El rastreo de nuestra posición se realizará voluntariamente y solo mientras nos encontremos en dichas dependencias, por lo que será necesaria una confirmación por parte de administradores de que los puntos registrados pertenecen realmente a la institución.
- *Mejora del control de asistencia a clase* actualmente disponible en el núcleo de SWAD añadiendo la posibilidad de uso de una palabra clave en combinación con geolocalización.
- *Incorporación de gamificación* en la creación de la base de datos de puntos de acceso (creando incentivos para poblar la base de datos más rápidamente en cualquier institución) y en la ubicación (marcadores y logros similares a los de aplicaciones como FourSquare [38]).
- *Posibles mejoras.* Se estudiará la incorporación de diversas mejoras a las funcionalidades de ubicación, entre las que podemos destacar:
 - Ubicación de usuarios seguidos en la red social (amigos) que se encuentren próximos, de acuerdo con la configuración de distancia establecida por el usuario.
 - Visualización de las ubicaciones en planos y mapas.
 - Uso de códigos QR para hacer check-in al entrar en una ubicación (por ejemplo puerta de las aulas).
 - Uso de realidad aumentada: añadir información en la base de datos sobre el lugar en el que nos encontramos.
 - Almacenamiento de un registro histórico de la ubicación de estudiantes para realizar informes (partes de actividad) y recomendaciones usando minería de datos.

Objetivo 4. *Integración de técnicas de minería de datos educativa (EDM)* de cara a mejorar la evaluación del estudiante en la plataforma, identificar

consejos de estudio para los estudiantes, y ofrecer alertas a estudiantes y profesores. Este objetivo lo dividimos en las siguientes tareas:

- *Estudio de EDM.* Estudiar el estado del arte del área de EDM [60] en mayor profundidad en cuanto a congresos, revistas, artículos y líneas de investigación.
- *Estudio de los algoritmos y las herramientas software de minería de datos,* tanto genéricas como específicas para EDM, con vistas a realizar experimentos y finalmente seleccionar los algoritmos a implementar en el resto de tareas.
- *Experimentos fuera de la plataforma.* Usar los paquetes de software seleccionados para realizar experimentos en las siguientes áreas:
 - *Predicción del rendimiento del estudiante.* Estimar el valor desconocido del rendimiento, puntuación o calificación del estudiante a partir de su trayectoria en la plataforma.
 - *Recomendaciones para los estudiantes* con respecto a los temas a revisar, actividades a realizar, bibliografía o enlaces a consultar, etc.
 - *Retroalimentación para los profesores* que les ayude en la toma de decisiones sobre cómo mejorar el aprendizaje de los estudiantes y les permita tomar medidas preventivas o correctivas apropiadas.
 - *Alertas para estudiantes y profesores.* Monitorizar el progreso de aprendizaje de los estudiantes para detectar en tiempo real conductas indeseables, como baja motivación, distracciones, mal uso, trampas, abandono, etc. A modo de ejemplo:
 - Alertas cuando haya preguntas de test que no son contestadas o cuya puntuación es muy baja.
 - Alertas cuando haya documentos que no son descargados.
 - Alertas cuando haya mensajes sin leer o responder a partir de cierto tiempo desde su recepción.
- *Integración de EDM en la plataforma.* Seleccionar e integrar en la plataforma los algoritmos que ofrezcan resultados útiles (usando bibliotecas libres o codificando los algoritmos) de manera que los usuarios puedan acceder a la información útil sin ningún conocimiento de las técnicas de minería de datos. Se priorizará ofrecer una información visual sencilla frente a datos complejos de interpretar.

Objetivo 5. *Análisis y difusión de los cambios educativos* que supone la incorporación de todas las funcionalidades, métodos y técnicas desarrolladas. Este objetivo se centra en investigar si la integración de la gamificación, la geolocalización y la minería de datos en la plataforma y en la dinámica de las actividades formativas motiva a los estudiantes a participar más en la clase (aula y plataforma) y esto se traduce en mejores resultados académicos y mayor satisfacción. También nos interesa analizar el uso que dará el profesorado a las nuevas herramientas y su grado de satisfacción con ellas.

Los experimentos se ejecutarán simultáneamente en varias asignaturas piloto, con diferentes grupos de usuarios. Las diferentes características de las asignaturas se tendrán en cuenta en el análisis de los resultados. Los resultados recopilados serán el impacto percibido por los usuarios, así como las mediciones de rendimiento académico y uso de la plataforma comparadas antes y después de la aplicación de los cambios. Los resultados serán analizados, agrupados y contrastados para llegar a conclusiones útiles.

Para ello llevaremos a cabo las siguientes tareas:

- *Entrevistas con los usuarios participantes*, previas a la aplicación de los cambios, con el fin de determinar sus características personales, opinión sobre la asignatura y sobre la plataforma, preferencias de juego, etc.
- *Adquisición de datos de referencia históricos* sobre el rendimiento académico de los estudiantes y sobre el uso de la plataforma antes de aplicar los métodos de gamificación, geolocalización y minería de datos.
- *Medición de los siguientes indicadores* una vez aplicadas las novedades:
 - *Rendimiento académico* de los estudiantes, medido mediante la calificación final.
 - *Grado de uso y participación en las funcionalidades de la plataforma* por parte de profesores y estudiantes, medido mediante análisis de los registros de la base de datos.
 - *Motivación y satisfacción de los estudiantes* respecto a su proceso de formación, evaluación y tutoría, medido mediante encuestas.
 - *Satisfacción de los profesores* respecto al uso de estas herramientas como apoyo a su trabajo como docentes —con especial énfasis en la mejora del proceso de evaluación de los estudiantes—, medido también mediante encuestas.

- *Difusión de resultados* parciales y finales de todo el proceso de I+D+i.

5 Conclusiones y resultados esperados

Durante 19 años hemos desarrollado la plataforma educativa SWAD en la UGR, con gran éxito en esta institución. Para profesores y administradores, los logros alcanzados han sido realizar a través de Internet algunas de las tareas de gestión relacionadas con una asignatura y sus estudiantes, y una mejor tutoría y comunicación en general. Para los estudiantes, los logros han sido un mejor acceso a los documentos y la información de las asignaturas, la posibilidad de una autoevaluación en línea, la entrega de trabajos remota y la mejora de la comunicación tanto alumno-alumno como alumno-profesor.

Casi desde su comienzo, la instalación de SWAD en la UGR se ofreció de forma gratuita a toda la comunidad universitaria para apoyar la enseñanza presencial y fue muy bien recibida por estudiantes y profesores. Su éxito se demuestra en el crecimiento constante hasta 2015. La plataforma actualmente alberga más de 138 000 usuarios y a lo largo de los años ha sido utilizada por aproximadamente 180 000 usuarios.

Desde 2015 su uso en la UGR ha disminuido debido a la existencia de una nueva plataforma oficial que cuenta con el respaldo institucional, pero esto no significa que el desarrollo de SWAD haya llegado a su fin. Nuestra intención en los últimos años ha sido expandir su utilización en otros países, y por supuesto seguir mejorando y ampliando su funcionalidad. Con este objetivo de internacionalización en mente, a lo largo de años de desarrollo el código se independizó de la UGR y se tradujo a 9 idiomas. En 2010 liberamos todo el código bajo licencias de software libre. En 2012 creamos el portal OpenSWAD.org como una instalación de SWAD abierta a todo el mundo de forma gratuita. Si bien OpenSWAD estuvo disponible desde ese año 2012, no fue hasta 2015 cuando la plataforma comenzó a llegar a usuarios e instituciones de muchos países gracias a nuestra inversión en publicidad. En 2016 creamos la OpenSWAD Association [28] para continuar la expansión de la plataforma por todo el mundo. Dado que no contamos con socios inversores y la plataforma se ofrece de manera totalmente gratuita, el esfuerzo económico inicial de la inversión publicitaria ha sido importante, pero es nuestra intención continuar invirtiendo esfuerzos en mejorar la funcionalidad del software y la expansión de OpenSWAD.

Durante el desarrollo de la plataforma nos hemos centrado en la facilidad de aprendizaje y uso (usabilidad), el ahorro de tiempo y la mejora de la calidad en las tareas relacionadas con la enseñanza. SWAD tiene la ventaja adicional de ser rápido y eficiente, consumiendo muy pocos recursos informáticos, por lo que es adecuado para

instalaciones de bajo coste. En comparación con herramientas similares, su implementación en C / MySQL no requiere una gran infraestructura de hardware y software, ni siquiera en grandes instituciones, siendo suficiente un único servidor.

Nuestro enfoque futuro es mejorar el software SWAD para continuar ofreciéndolo a la UGR desde el Departamento de Arquitectura y Tecnología de Computadores y al mundo entero desde el portal OpenSWAD.org. Los resultados que esperamos a medio plazo se agrupan en torno a los 5 objetivos perseguidos:

1. *Mejora y ampliación de la plataforma*

- Se obtendrá un LMS mejorado que permitirá la elaboración y seguimiento de cursos virtuales, con novedosas herramientas que permitirán mejorar los procesos de docencia-aprendizaje. Incluirá herramientas para el diseño instructivo y colaborativo de contenidos.
- Se podrá estimar el tiempo real dedicado por los estudiantes a cada parte de la asignatura y compararlo con el especificado en la planificación.
- Los partes de actividad permitirán ofrecer recomendaciones a los estudiantes para mejorar sus competencias de gestión del tiempo y autoplanificación.
- Las mejoras en los test permitirán a los profesores abandonar los exámenes en papel durante la evaluación continua. Estudiantes y profesores dispondrán automáticamente de las calificaciones tras el examen. Para los profesores supondrá un gran ahorro en el tiempo dedicado a la corrección de exámenes. A los estudiantes les evitará la demora habitual en la comunicación de los resultados.
- La subida de trabajos desde el móvil permitirá a los estudiantes realizar ejercicios en el papel y subirlos inmediatamente a la plataforma escaneándolos. Las ventajas son evidentes: el estudiante se queda con el original y el profesor no tiene que recoger, transportar y almacenar esos trabajos, que quedan sistemáticamente guardados en la plataforma, donde pueden calificarse.
- El sistema de calificaciones integrado permitirá a los profesores disminuir el esfuerzo de evaluación de los estudiantes que supone confeccionar una hoja de cálculo para guardar y sumar todas las puntuaciones de evaluación continua. Este sistema ayudará a que estudiantes y profesores puedan disponer durante el desarrollo de la asignatura de los pormenores de evaluación actualizados.

- Se mejorará la comunicación entre usuarios en foros, chat y mensajes. Concretamente el sistema de chat había quedado inservible dada la prohibición de las últimas versiones de los navegadores de ejecutar aplicaciones Java. El nuevo sistema de chat usará una tecnología actual y tendrá un aspecto similar al de las aplicaciones de mensajería móvil más extendidas. Las mejoras permitirán la aplicación de gamificación y minería de datos en la comunicación.
- En el desarrollo de las nuevas funcionalidades se hará énfasis en mantener un servicio fiable con un número de errores mínimo. Hay que tener en cuenta que la plataforma se utiliza en muchos países y la competencia es enorme; es muy costoso ganar nuevos usuarios y un servicio con fallos haría que los usuarios abandonaran la plataforma.

2. Integración de gamificación

- Se espera que la aplicación frecuente del sistema de juegos interactivos en el aula (ARS) suponga una mejora en la asistencia, la atención, la participación y el compromiso en clase, y fomente la discusión en el aula de los conceptos erróneos para mejorar el conocimiento, con el resultado de una retroalimentación inmediata y una mejora del rendimiento académico. Además los resultados podrán usarse como parte de la calificación de la asignatura.
- Se espera que el sistema de puntos, insignias y *karma* suponga una mejora en la motivación y participación de los estudiantes, que se pondrá en evidencia directamente en el uso de la plataforma e indirectamente en el rendimiento académico.
- La barra de progreso del perfil del usuario supondrá una retroalimentación para los nuevos usuarios que creemos que disminuirá la tasa de abandono prematuro de la plataforma, sobre todo en OpenSWAD.
- Las barras de progreso en la asignatura permitirán a los estudiantes conocer en todo momento el porcentaje completado en cuanto a archivos descargados, actividades entregadas y cualquier otra funcionalidad que pueda dividirse temporalmente en subtareas.

3. Integración de geolocalización

- La geolocalización en interiores permitirá ubicar usuarios en tiempo real dentro de los centros educativos. Por ejemplo, un estudiante podría saber si en ese momento un profesor se encuentra en su despacho o en un aula.

- El control de asistencia basado en escribir una palabra clave permitirá pasar lista aún más rápido que el actual control de asistencia con códigos QR. La geolocalización minimizará los fraudes en este sistema.
- La gamificación en la edición de puntos WiFi permitirá construir la base de datos colaborativamente, con un menor esfuerzo de administración.
- La gamificación en la ubicación (*check-in*) aumentará el uso de las apps de SWAD y la asistencia a clase.
- Las posibles mejoras en el sistema de geolocalización permitirán ponernos en contacto con otros usuarios de la red social si están cerca de nosotros, mejorar la ubicación de usuarios mediante planos y mapas, saber en qué ubicación nos encontramos o añadir automáticamente nuestra ubicación a los partes de actividad.

4. Integración de técnicas de minería de datos educativa (EDM)

- El estudio en profundidad del estado del arte de los algoritmos y las herramientas de EDM aplicados a nuestro contexto (LMS, gamificación, geolocalización), supondrán una actualización de conocimientos para nuestro equipo. Los experimentos fuera de la plataforma permitirán seleccionar los algoritmos a integrar finalmente.
- La integración de las técnicas de minería estudiadas permitirá:
 - Predecir el rendimiento del estudiante (conocimiento, puntuación o calificación) a partir de su trayectoria en la plataforma.
 - Hacer recomendaciones a los estudiantes con respecto a los temas o secciones a revisar, actividades o problemas a realizar, bibliografía o enlaces a consultar, etc.
 - Proporcionar retroalimentación a los profesores en la toma de decisiones sobre cómo mejorar el aprendizaje de los estudiantes, y permitirles adoptar medidas preventivas o correctivas apropiadas.
 - Monitorizar el progreso del aprendizaje de los estudiantes y mostrar alertas para detectar en tiempo real conductas indeseables como baja motivación, distracciones, mal uso, trampas, abandono, etc.

5. Análisis y difusión de los cambios educativos

- Se estudiará si la incorporación de las funcionalidades, métodos y técnicas desarrolladas motiva a los estudiantes a participar más en el aula y en la plataforma, y si se traduce en unos mejores resultados académicos y una mayor satisfacción. También se analizará el uso y

grado de satisfacción de las nuevas herramientas por parte del profesorado. Los resultados recopilados serán el impacto percibido por los usuarios, así como las mediciones de rendimiento académico y uso de la plataforma comparadas antes y después de la aplicación de los cambios. Concretamente se medirán los siguientes indicadores:

- Rendimiento académico, medido mediante la calificación final.
 - Grado de uso y participación en las funcionalidades de la plataforma, medido mediante análisis de los registros de uso.
 - Motivación y satisfacción de los estudiantes respecto a su proceso de formación, evaluación y tutoría, medido mediante encuestas.
 - Satisfacción de los profesores respecto al uso de estas herramientas como apoyo a su trabajo con especial énfasis en la mejora del proceso de evaluación, medido también mediante encuestas.
- Los resultados serán analizados, agrupados y contrastados para llegar a conclusiones útiles. Los resultados de todo el proceso de I+D+i se publicarán en congresos y revistas sobre educación, gamificación, geolocalización y EDM. Las mejoras y resultados se harán públicos además en las páginas web y redes sociales de la plataforma.

Referencias

1. A. M. Aguilera, “SCAQR: Sistema de Control de Asistencia y calificación en prácticas basado en códigos QR y Android (SWAD)”, *Proyecto Fin de Carrera, Ing. Informática*, UGR, jul. 2012.
2. J. Álvarez, A. E. Rodrigo, “Detección y mejora automáticas de la calidad de fotografías de tipo carné” *Proyecto Fin de Carrera, Ing. Informática*, UGR, dic. 2003.
3. R. Álvarez, “iSWAD: Ampliación del cliente iOS para la plataforma de docencia SWAD”, *Trabajo Fin de Grado, Graduado en Ing. Informática*, UGR, sep. 2016.
4. R. Álvarez, “iSWAD: iOS client for the e-learning platform SWAD.”, *GitHub*, 2016. <https://github.com/Rauleinstein/iSWAD>
5. J. M. Boyero, “Android client for e-learning platform SWAD”, *GitHub*. 2011-2018. <https://github.com/Amab/SWADroid>
6. J. M. Boyero, “Open Hub project SWADroid”, *OpenHub*. 2011-2018. <https://www.openhub.net/p/swadroid>

7. J. M. Boyero, "SWADroid", *Google Play*, 2011-2018. <https://play.google.com/store/apps/details?id=es.ugr.swad.swadroid>
8. J. M. Boyero, "SWADroid, un cliente Android para la plataforma de teleformación SWAD", *Proyecto Fin de Carrera, Ing. Informática*, UGR, jul. 2011.
9. D. J. Calandria, A. Cañas, A. F. Díaz, "Detección de rostros humanos mediante SVM y generación de fotografías de tipo carné." *Actas de SICO'2007*, Thomson, 2007
10. D. J. Calandria, "foto_promedio: programas para calcular la foto promedio y la foto mediana del swad", *GitHub*. 2012. https://github.com/dcalandria/foto_promedio
11. D. J. Calandria, "swad-fotomaton: Face detection tool for SWAD", *GitHub*. 2012-2014. <https://github.com/dcalandria/swad-fotomaton>
12. D. J. Calandria, "swad-ircd: SWAD simple IRC server", *GitHub*. 2012-2014. <https://github.com/dcalandria/swad-ircd>
13. A. Cañas, D. J. Calandria, E. M. Ortigosa, E. Ros, A. F. Díaz, "SWAD: Web System for Education Support." In *Computers And Education: E-learning - from Theory to Practice*, B. Fernández-Manjón, J. M. Sánchez Pérez, J. A. Gómez-Pulido, M. A. Vega Rodríguez, J. Bravo-Rodríguez (Eds.) Chapter 12, pp. 133-142, Springer, 2007.
14. A. Cañas, "SWAD: Gestión Docente en la Web y el Móvil", *Formación virtual para el aprendizaje permanente y el intercambio cultural en el Mediterráneo*, pp. 157-171. Universidad de Granada and Université Virtuelle de Tunis. 2013. <http://elearning.ugr.es/emadraza/pdf/cap10.pdf>
15. A. Cañas, "SWAD: Change log", *OpenSWAD*. 1999-2018. <https://openswad.org/changelog/>
16. A. Cañas, "SWAD: Database", *OpenSWAD*. 1999-2018. <https://openswad.org/database/>
17. A. Cañas, "SWAD: Download source code", *OpenSWAD*. 1999-2018. <https://openswad.org/download/>
18. A. Cañas, "SWAD: Installing SWAD", *OpenSWAD*. 1999-2018. <https://openswad.org/install/>
19. A. Cañas, "SWAD: Plugins, web service and API documentation", *OpenSWAD*. 1999-2018. <https://openswad.org/api/>
20. A. Cañas, "SWAD: Roadmap", *OpenSWAD*. 1999-2018. <https://openswad.org/roadmap/>
21. A. Cañas, "SWAD: Server at UGR", *SWAD-UGR*. 1999-2018. <https://swad.ugr.es/server/>
22. A. Cañas, "SWAD: Source code", *OpenSWAD*, 1999-2018. <https://openswad.org/source/>
23. A. Cañas, "SWAD: Translation", *OpenSWAD*, 1999-2018. <https://openswad.org/translation/>
24. A. Cañas, "Open Hub project swad-core", *OpenHub*. 2013-2018. <https://www.openhub.net/p/swad-core>

25. A. Cañas, “swad-core: Main core for SWAD platform (Social Workspace At a Distance)”, *GitHub*. 2013-2018. <https://github.com/acanas/swad-core>
26. A. Cañas, “Guía del usuario de SWAD / OpenSWAD”, 2016-2018. <https://github.com/acanas/swad-core/wiki/UserGuide.es>
27. A. Cañas, “SWAD / OpenSWAD user guide”, 2016-2018. <https://github.com/acanas/swad-core/wiki/UserGuide.en>
28. A. Cañas, J. M. Boyero, E. M. Ortigosa, M. Anguita, F. J. Fernández, “OpenSWAD Association”, 2016-2017. <https://openswad.org/association/>
29. A. Cañas, D. J. Calandria, J. M. Boyero, E. M. Ortigosa, F. J. Fernández, F. A. Ocaña, “18 years of development and use of the SWAD educational platform”, In: L. Gómez Chova, A. López Martínez, I. Candel Torres, *ICERI2017 Proceedings*, IATED Academy, pp. 5070–5080, 10th annual International Conference of Education, Research and Innovation (ICERI2017), Sevilla (Spain), November 16-18 2017.
30. A. Cañas, E. M. Ortigosa, J. M. Boyero, F. J. Fernández, M. Anguita, “OpenSWAD: a free social learning platform to support face-to-face and blended learning around the world”, In: L. Gómez Chova, A. López Martínez, I. Candel Torres, *ICERI2017 Proceedings*, IATED Academy, pp. 4917–4926, 10th annual International Conference of Education, Research and Innovation (ICERI2017), Sevilla (Spain), November 16-18 2017.
31. Capterra, “LMS Software”, 2018. https://www.capterra.com/learning-management-system-software/?sort_options=Highest+Rated
32. A. B. Cara, C. Moreno, “Pizarra virtual y chat para la plataforma de educación SWAD”, *Proyecto Fin de Carrera, Ing. Informática*, UGR, jul. 2007.
33. M. Á. Cerrailo, “TriSWADos: Trivial de la UGR”, *Trabajo Fin de Grado, Graduado en Ing. Informática*, UGR, jul. 2015.
34. EduClick, “EduClick: Sistemas interactivos para el aula.”, 2017. <http://www.educlick.es/>
35. R. Fernández, R. Peña, E. Cerro, “Partes de actividad como herramienta para evaluar el esfuerzo invertido en el aprendizaje.”, *Actas de las XIV Jornadas de Enseñanza universitaria de la Informática (JENUI2008)*, pp. 147–154, 2008.
36. FinancesOnline, “Learning Management Systems - LMS”, 2018. <https://learning-management-system.financesonline.com/>
37. FIND, “FIND: The Framework for Internal Navigation and Discovery”, 2017. <https://www.internalpositioning.com/> <https://github.com/schollz/find>
38. Foursquare, 2018 <https://foursquare.com/about>
39. GetApp, “Learning Management System (LMS) Software”, 2018. <https://www.getapp.com/education-childcare-software/learning-management-system-lms/>

40. J. A. Guerrero, “Ampliación de SWADroid”, *Trabajo Fin de Grado, Graduado en Ing. Informática*, UGR, sep. 2014.
41. H. Ingwersen, “19 Free and Open Source LMSs for Corporate Training”, *Capterra Training Technology Blog*, September 27th, 2017. <https://blog.capterra.com/top-8-freeopen-source-lmss/>
42. A. Lara, “Ampliación y puesta en servicio de iSWAD, aplicación cliente de la plataforma OpenSWAD.org para dispositivos móviles iOS”, *Trabajo Fin de Grado, Graduado en Ing. Informática*, UGR, sep. 2018.
43. A. Lara, “iSWAD.”, *App Store*, 2018. <https://itunes.apple.com/es/app/iswad/id1433797801>
44. A. Lara, “iSWAD: iOS client for the e-learning platform SWAD.”, *GitHub*, 2018. <https://github.com/mitomono/iSWAD>
45. Kahoot! “What is Kahoot!?” , 2018. <https://kahoot.com/what-is-kahoot/>
46. R. H. Kay, A. LeSage, “Examining the benefits and challenges of using audience response systems: A review of the literature”, *Computers & Education* 53 (2009) 819–827.
47. R. Martín, “Ampliación y mejora de la aplicación SWADroid”, *Trabajo Fin de Grado, Graduado en Ing. Informática*, UGR, sep. 2016.
48. D. Medina, “SWADE: Editor WYSIWYG para la plataforma docente SWAD”, *Proyecto Fin de Carrera, Ing. Informática*, UGR, sep. 2013.
49. J. P. Medved, “LMS Industry User Research Report.” *Capterra*, April 8 2015. <https://www.capterra.com/learning-management-system-software/user-research>
50. Menéame. “Algoritmo de cálculo del karma en Menéame.” 2018. <http://meneame.wikispaces.com/Karma>
51. J. Mesa, “Optimización de un sistema automático de detección de caras en fotografías de tipo carné”, *Trabajo Fin de Grado, Graduado en Ing. Informática*, UGR, sep. 2018.
52. D. Montesinos, “Cliente iOS para la plataforma de docencia SWAD”, *Proyecto Fin de Carrera, Ing. Informática*, UGR, sep. 2012.
53. D. Montesinos, “iSWAD: iOS client for the e-learning platform SWAD.”, *GitHub*, 2011–2012. <https://github.com/diegort/iSWAD>
54. OpenCV, “OpenCV (Open Source Computer Vision Library) “, 2018. <https://opencv.org/>
55. OpenSWAD: social learning platform, 2012-2018. <https://openswad.org/>
56. L. Ortiz, “Gestión automática de páginas personales de profesores en un entorno web de gestión docente”, *Proyecto Fin de Carrera, Ing. Informática*, UGR, sep. 2011.

57. M. Ortner, "Top LMS Software Solutions Infographic", *Capterra Training Technology Blog*, November 29th, 2017. <https://blog.capterra.com/top-lms-software-solutions-infographic/>
<https://www.capterra.com/learning-management-system-software/#infographic>
58. QOMO "Audience Response System QOMO's Qclick", 2017.
<http://www.qomosolutions.com/products/audience-response/qrf300/>
59. H. Rodríguez, "Aplicación cliente de la plataforma SWAD para dispositivos Android", *Proyecto Fin de Carrera, Ing. Informática*, UGR, dic. 2012.
60. C. Romero, S. Ventura, "Data mining in education". *WIREs Data Mining Knowl Discov* 2013, 3: 12–27
61. F. Sánchez, J. García, M. Díaz, M. Riesco, J. R. Pérez, A. A. Juan, "Estrategia de diseño y aspectos a considerar en los planes de EEESTudios de Grado en Ingeniería Informática." *ReVisión*, Vol 1, No 1, 2008. [http://aenui.net/ojs/index.php?journal=revisión&page=article&op=viewArticle&path\[\]=5&path\[\]=17](http://aenui.net/ojs/index.php?journal=revisión&page=article&op=viewArticle&path[]=5&path[]=17)
62. SWAD-UGR: platform to support teaching (UGR), 1999-2018. <https://swad.ugr.es/> y <https://swad.es/>
63. A. Valdivia, "Level Up! - El papel de la Ludificación en la construcción de tu perfil profesional." *LinkedIn*, 19 de enero de 2016. <https://es.linkedin.com/pulse/level-up-el-papel-de-la-ludificaci%C3%B3n-en-tu-perfil-alfonso>
64. P. Viola, M. Jones, "Rapid object detection using a boosted cascade of simple features." *Proceedings of the 2001 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, CVPR*, vol. 1, pp. 511-518, 2001.