

# Funcionalidades deseables de las plataformas de e-learning en el ámbito de la ingeniería.

**Josep Soler<sup>1</sup>, Ferran Prados<sup>1</sup>, Jordi Poch<sup>1</sup> y Imma Boada<sup>1</sup>**

(1) Univ. de Girona, Dpto. de Informática y Matemática Aplicada.

Avda. Lluís Santaló, s/n, 17071 Girona (Spain)

(josep.soler@udg.edu)

## RESUMEN

Las plataformas de e-learning son piezas clave en la formación universitaria actual. En este artículo se presenta un conjunto de funcionalidades adicionales que consideramos fundamentales en una plataforma de e-learning que pretenda aplicarse de forma satisfactoria en el ámbito de la ingeniería, destacando su carácter multifuncional y multidisciplinar. Como un caso práctico de plataforma que incorpora dichas funcionalidades se describe la plataforma ACME. Se detalla la amplia tipología de ejercicios que soporta esta plataforma y los diferentes usos formativos que permite. Finalmente, se describe su utilización en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Girona y se comentan los beneficios que aporta.

## INTRODUCCIÓN

En el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) la enseñanza universitaria se basa en la adquisición por parte del alumno de unas competencias que le han de permitir desarrollar la actividad para la que se está formando. Para la adquisición de estas competencias, cada carrera está formada por unas asignaturas que desarrollan un conjunto de actividades. Dentro de las carreras tecnológicas estas actividades se basan principalmente en sesiones teóricas y en sesiones prácticas de laboratorio o de desarrollo de proyectos, que tienen como objetivo la adquisición de competencias por parte del alumno. En este contexto el papel del profesor es fundamental tanto en la enseñanza de la materia como en la posterior evaluación de la adquisición de las competencias. Como complemento a esta formación presencial a menudo se usan herramientas de e-learning a partir de las cuales el alumno puede descargar material, resolver problemas, realizar auto-evaluaciones, etc.

Centrándonos en el entorno universitario son también frecuentes los sistemas de gestión de aprendizaje (Learning Management System o LMS) de ámbito muy genérico, como por ejemplo, Moodle, Sakai, Webct, etc. Estos entornos permiten organizar cursos, estructurar el material de las diferentes asignaturas, asignar alumnos y profesores a éstas, y desarrollar actividades estándar como por ejemplo cuestionarios, fórums, wiki's, etc. Una funcionalidad importante de estos entornos es su capacidad para usarse como sistema de evaluación. En este caso remarcamos los cuestionarios formados por diferentes preguntas de respuesta cerrada, como por ejemplo selección múltiple, rellenos de espacios en blanco, preguntas tipo test, etc. que permiten evaluar al alumno. Si bien con este tipo de cuestionarios podemos evaluar los niveles cognitivos más bajos de la taxonomía de Bloom (como por ejemplo, conocimiento y comprensión) (Bloom 1956) difícilmente podemos usarlos para evaluar los niveles de aplicación, análisis y síntesis propios de una enseñanza universitaria. Por ejemplo, y ya centrándonos en el ámbito de la

Ingeniería, para evaluar si un alumno sabe diseñar un circuito eléctrico es necesario que dibuje el correspondiente esquema con los elementos (resistencias, condensadores, etc.) que lo forman bien distribuidos dentro del circuito y la evaluación requiere analizar detalladamente la solución propuesta. De la misma forma para evaluar si un alumno sabe realizar programas informáticos (para controlar el movimiento de un robot, para la gestión de la producción o del mantenimiento industrial, etc.), deberá realizar el código fuente y testarlo para comprobar que funcione. Análogamente podríamos citar la formulación química, el desarrollo de esquemas de diferentes procesos industriales, problemas de materias básicas como matemáticas, física, etc. En todos estos casos para evaluar si un alumno ha adquirido una determinada competencia es necesaria una cuidadosa corrección de los ejercicios de los alumnos. Si esta corrección se realiza de forma manual se necesita una gran dedicación por parte del profesor, más si tenemos en cuenta que el número de alumnos por curso suele ser considerable, que a menudo las soluciones correctas no son únicas y que además si se quiere llevar a cabo una buena evaluación continuada se deberán corregir muchos ejercicios por cada alumno con el objetivo de seguir su progresión. En este contexto, lo ideal sería disponer de un entorno de e-learning que permitiera la corrección y evaluación automáticas de esta tipología de problemas a través de actividades con respuestas abiertas a ejercicios como por ejemplo los antes mencionados.

Dado el grado de especialización para soportar este tipo de actividades, la tendencia actual es usar plataformas muy específicas para formar a los alumnos en una materia concreta. A menudo estas plataformas tienen una única funcionalidad: la resolución de un determinado tipo de problema, la visualización de una determinada simulación, etc. de esta forma cada departamento y a veces cada profesor utiliza la que más se ajusta a sus necesidades. Por este motivo es frecuente que los alumnos tengan que utilizar varias plataformas, cada una de ellas muy específica del ámbito en que se está trabajando. Por otro lado las diferentes Universidades o Escuelas de Ingeniería tienen que mantener una gran variedad de sistemas informáticos para poder atender a todas estas necesidades.

En este artículo damos nuestra visión de las funcionalidades que consideramos deben tener las plataformas de e-learning en el ámbito de las carreras de Ingeniería y comentamos cómo se han implementado en la plataforma de e-learning ACME que utilizamos en nuestra Universidad.

## **FUNCIONES DE LAS PLATAFORMAS DE E-LEARNING EN EL ÁMBITO DE LA INGENIERÍA**

Las principales funciones de un sistema de gestión de aprendizaje genérico son: gestionar usuarios, recursos, materiales y actividades de formación, administrar el acceso, controlar y hacer seguimiento del proceso de aprendizaje, realizar evaluaciones, generar informes, gestionar servicios de comunicación como foros de discusión y videoconferencias, etc. En el caso de un entorno universitario y en especial en el ámbito de la ingeniería consideramos que las plataformas de e-learning deben ser multifuncionales y multidisciplinarias. Multifuncionales para que una misma plataforma disponga, además de las funciones básicas de cualquier LMS, de una gran variedad de recursos para dar apoyo a múltiples actividades a desarrollar en las asignaturas. Por otro lado consideramos que deben ser multidisciplinarias para abarcar las numerosas materias que se tratan en el ámbito de la Ingeniería y es deseable que una única plataforma sea capaz de dar apoyo a los diferentes temas para evitar la coexistencia de varios entornos. Veamos con más detalle cada una de estas características:

## *Plataforma Multifuncional*

Las plataformas más genéricas ofrecen el aprendizaje de una cierta materia a través de las técnicas habituales como pueden ser: el acceso y/o descarga de materiales interactivos, la incorporación de diferentes medias (videos, imágenes, sonido), la evaluación a través de cuestionarios con respuestas cerradas (elección múltiple, tipo test, relleno de blancos, etc.), la interacción con uno o más tutores y con el resto de alumnos, etc.

Ahora bien en un entorno especializado para las carreras de Ingeniería consideramos que estas plataformas deben incorporar funcionalidades más especializadas como:

- *Cuadernos personalizados de actividades.* Cada alumno debe disponer de su cuaderno formado de ejercicios distintos a los de sus compañeros. Estos ejercicios deben ser muy parecidos en cuanto a dificultad pero diferentes. De esta forma se evita la copia de resultados.

- *Generación automática de ejercicios.* A partir de un problema base parametrizado, el sistema debe ser capaz de generar múltiples enunciados.

- *Corrección automática y on-line.* Las plataformas genéricas sólo corrigen actividades muy sencillas de respuesta cerrada que difícilmente se pueden aplicar en el ámbito de la Ingeniería en el que hay que corregir actividades mucho más complejas como por ejemplo diagramas, esquemas, expresiones matemáticas, programas informáticos, etc. Además el sistema debe permitir cualquier respuesta como solución de la actividad (respuestas abiertas).

- *Feed-back automático.* La corrección debe facilitar de forma totalmente automática el feed-back más adecuado en función de los errores de la solución enviada por el estudiante y que debe guiarlo hacia la solución correcta.

- *Puntuación automática.* En el caso de una actividad de evaluación el sistema debe permitir puntuar un ejercicio ya que en el ámbito de la Ingeniería puede ser que una parte esté correcta y haya partes que no. Por ejemplo, en el diseño de un circuito formado por muchos elementos, quizás haya un único elemento incorrecto y sería totalmente injusta una mala nota por un pequeño detalle erróneo.

- *Evaluación automática.* El hecho de la corrección y puntuación automáticas también debe permitir una evaluación automática del alumno. Esta evaluación debe basarse en las puntuaciones obtenidas o bien en función del número de respuestas correctas/incorrectas y número de intentos.

- *Corrección no automática de actividades.* Consideramos además que este tipo de plataformas deben permitir la entrega de material a corregir de forma manual, no automática. En este caso será el profesor quien corregirá de forma manual, facilitará el feed-back al alumno y finalmente le evaluará.

- *Asignación automática de ejercicios en función del nivel del alumno.* En muchos cursos de Ingeniería, el conocimiento de la materia puede variar considerablemente en función del alumno. Dada esta heterogeneidad, es deseable que las plataformas adapten el nivel de dificultad de los ejercicios al nivel de conocimiento que el alumno tenga de la materia.

- *Gran variedad de usos formativos de las actividades.* Estas funcionalidades deben permitir que con una misma plataforma se puedan desarrollar gran variedad de usos formativos a partir de las actividades desarrolladas. Entre estos usos formativos:

- **Entrenamiento.** El alumno adquiere habilidades en una determinada materia a partir de la resolución sistemática de muchos problemas.
- **Evaluación continuada.** A partir de las indicaciones del profesor, el sistema añade actividades en el cuaderno del alumno y éste puede enviar soluciones antes de una fecha determinada. A medida que el alumno vaya enviando soluciones, el sistema las corregirá on-line y dará el

feed-back más oportuno al alumno. Una vez finalizado el plazo, el sistema le evaluará de forma automática.

- Aprendizaje autónomo. A partir de un material muy detallado y con ejercicios que permitan seguir la progresión del alumno.
- Trabajo en grupo. Determinadas actividades permiten ser desarrolladas a partir de las aportaciones de los miembros de un grupo. Este tipo de actividades ayudan en la adquisición de la competencia del trabajo en grupo.
- Exámenes. Ya sean en un aula a una determinada hora y con la presencia del profesor o bien en cualquier momento y lugar, con la restricción que cuando se entra en una sesión de examen, el alumno dispondrá de un único período de tiempo para hacer la prueba.
- Sesiones de clase y/o laboratorio. En algunas actividades se debería poder utilizar la plataforma en una sesión de clase o laboratorio. En este caso los alumnos, después de que el profesor haya explicado unos conceptos, realizarían unos ejercicios dirigidos a través de la plataforma.

Así pues, las plataformas de e-learning universitarias del ámbito de la Ingeniería, deben disponer de las funcionalidades de los LMS genéricos y, tal como se ha descrito, disponer de un conjunto de funcionalidades adicionales mucho más específicas.

### *Plataforma Multidisciplinar*

En las carreras de Ingeniería nos encontramos una gran variedad de programas/aplicaciones informáticas orientadas al aprendizaje de una materia concreta, ya sean web based tools o simplemente aplicaciones que hay que descargar e instalar. En ocasiones han sido desarrollados por un profesor/departamento que son los únicos que lo utilizan para una finalidad muy concreta. Si tenemos en cuenta que la mayoría de Escuelas de Ingeniería imparten diversas carreras, deben coexistir muchas aplicaciones con el inconveniente del elevado coste de mantenimiento que ello supone. En este sentido consideramos que es deseable disponer de una única plataforma multidisciplinar que permita el aprendizaje, la corrección, el feed-back y la evaluación de forma totalmente automática de una gran variedad de ejercicios de los más diversos ámbitos. Por ejemplo, en los primeros cursos de cualquier Ingeniería debe dar soporte a las asignaturas de matemáticas, física, programación, etc. En asignaturas ya más especializadas de las distintas carreras debe permitir la corrección de ejercicios de electrónica, autómatas, formulación química, bases de datos, administración y organización de empresas, etc.

## **LA PLATAFORMA ACME**

Con la idea de conseguir una plataforma multidisciplinar y multifuncional se diseñó la plataforma ACME, que dispone de todas las funcionalidades adicionales que hemos comentado.

### *Arquitectura y funcionamiento de la plataforma*

Desde un punto de vista técnico, se diseñó la plataforma ACME como una web based tool con el fin de que el alumno no tuviera que descargar e instalar ningún software, simplemente necesita un navegador. La plataforma debía ser modular de forma que añadir una nueva actividad fuese una tarea sencilla. De esta manera ACME dispone de un núcleo central formado por una serie de módulos y para cada tipología de actividades sólo es necesario definir su estructura con las pautas para su corrección automática y desarrollar el módulo corrector, el módulo de evaluación y

las interfaces específicas para cada tipo de ejercicios. La conexión funcional de estos módulos para las tareas del profesor y del alumno es la que se muestra en la Figura 1. Su funcionamiento se describe en (Prados et al. 2005).

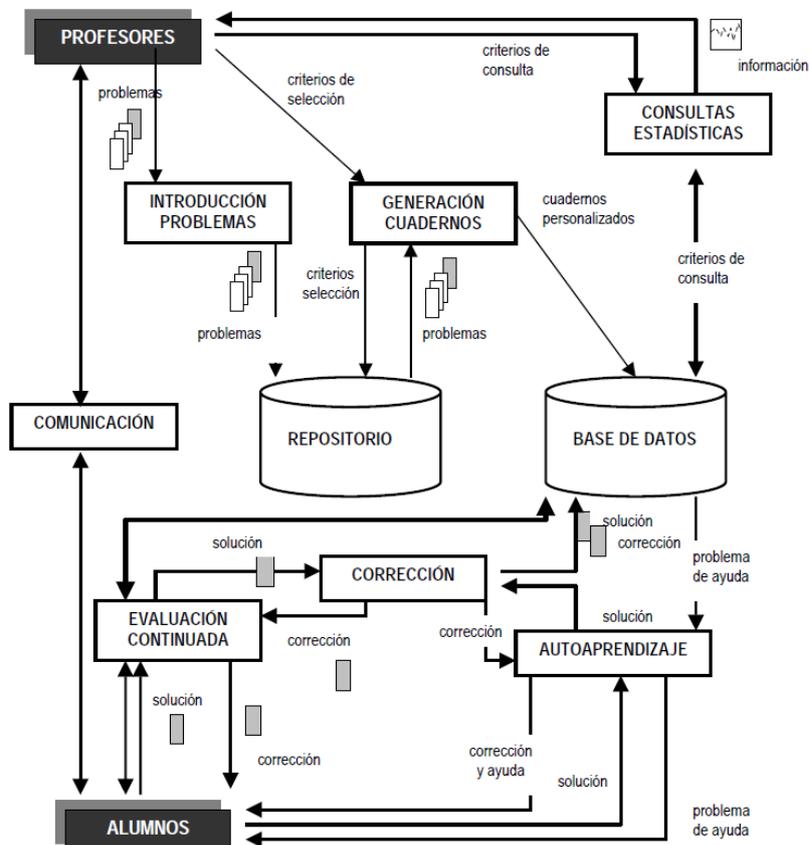


Figura 1: Estructura de la plataforma ACME.

### Tipología de actividades soportadas por ACME

ACME soporta la corrección automática de una gran variedad de actividades (figura 2) siendo ésta su aportación más innovadora en el campo del e-learning. Los distintos tipos de problema que soporta son:

- *Problemas/actividades que requieran un planteamiento matemático.* De esta forma se corrigen gran variedad de problemas como: derivadas, integrales, ecuaciones diferenciales, geometría, física, economía y en general cualquier problema que se pueda resolver con un planteamiento matemático. Información más detallada en (Prados et al. 2005).
- *Programas informáticos.* Soporta la corrección de programas informáticos escritos en C, C++, Pascal, Java y en general en cualquier lenguaje de programación. El código fuente del programa informático puede ser enviado en uno o más ficheros. Información más detallada en (Boada et al. 2004).
- *Corrección de formulación química* (Prados et al. 2010), *de circuitos eléctricos, autómatas, etc.*

- *Bases de datos*. Permite la corrección de diagramas de clase y entidad/relación, de esquemas de bases de datos relacionales, normalización y la corrección de sentencias SQL y expresiones de álgebra relacional. Información más detallada en (Soler et al. 2010)

## TIPOLOGIA ACTIVIDADES ACME

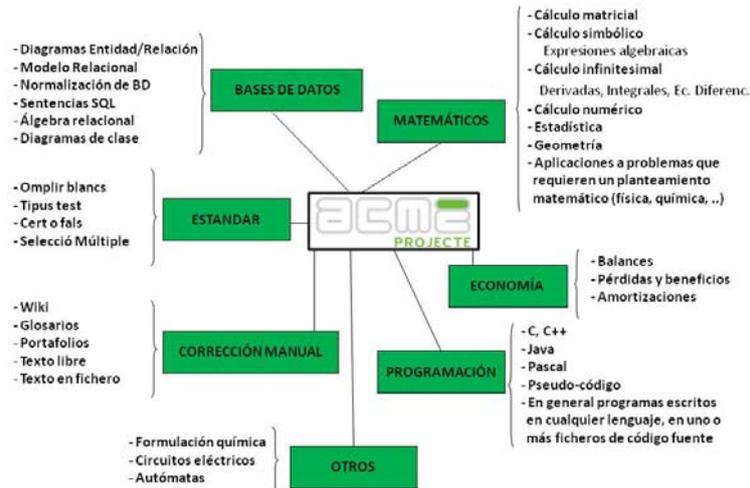


Figura 2: Tipología actividades ACME.

También permite la recepción de trabajos que el profesor corregirá de forma manual, no automática. En este caso la plataforma sólo sirve para recibir/organizar el trabajo que realizan los alumnos. La corrección no se efectúa de forma automática y es el profesor quien controla y corrige el trabajo del alumno. Entre estas actividades soporta: wiki's, portafolios, glosarios y textos a corregir (ya sean escritos directamente en el entorno o en un fichero adjunto). La figura 3 muestra dos interfaces de entrada de soluciones.

La imagen muestra dos interfaces de usuario de la plataforma ACME:

**A) Formulación química:** Muestra un ejercicio de formulación de la fórmula de amoníaco hipoclorito. Incluye una tabla periódica de elementos con colores que indican grupos (metales alcalinos, metales de transición, etc.) y un campo de entrada con la fórmula química  $NH_2ClO_2$ .

**B) Diagrama de clases:** Muestra un diagrama de clases con las siguientes entidades y relaciones:
 

- EMPLEADO:** Atributos: apellido1, apellido2, ciudad, direccion, fecha\_nac, E\_of, nombre, sueldo, codigo\_postal.
- DEPARTAMENTO:** Atributos: nombre\_dep, E\_numero\_dep, no\_dep.
- DEPENDIENTE:** Atributos: apellido1\_dep, apellido2\_dep, fecha\_nac\_dep, nombre\_dep, E\_numero\_dep, E\_numero\_dependiente, caso.
- HORAS:** Atributo: hora.
- PROYECTO:** Atributos: ciudad\_proyecto, E\_indiq\_proyecto, nombre\_proyecto.

 Las relaciones son: EMPLEADO a DEPARTAMENTO (dirige), EMPLEADO a DEPARTAMENTO (asigna), EMPLEADO a DEPENDIENTE (tiene), EMPLEADO a PROYECTO (trabaja en), DEPENDIENTE a PROYECTO (trabaja en), y HORAS a EMPLEADO (registra).

Figura 3: Interfaz de entrada de problemas. A) Formulación química B) Diagrama de clases

## Usos formativos de ACME

Otra de las características principales de la plataforma ACME es la amplia variedad de usos formativos, tanto presenciales como no presenciales que se pueden desarrollar a través de ella. Estos usos, junto con la amplia variedad de problemas soportados, hacen que la plataforma se pueda utilizar en cualquier tipo de asignatura. La figura 4 sintetiza estos usos, destacando la evaluación continuada, el auto-aprendizaje y la realización de exámenes.



Figura 4: Usos formativos de la plataforma ACME

## UTILIZACIÓN DE ACME EN LA ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR (EPS) DE LA UDG

La primera versión de ACME se empezó a utilizar en la EPS en el curso 1998/99. En sucesivas versiones se han ido incorporando nuevas funcionalidades y nuevos tipos de correctores. En la Tabla 1 se muestra su utilización en los últimos seis cursos, especificando la carrera y por cada curso el número de alumnos que la han utilizado, el número total de asignaturas y el número de problemas asignados. Aunque los usos formativos que se dan a las diferentes actividades son varios, se utiliza principalmente para llevar a cabo la evaluación continuada de los alumnos. En este sentido ACME dispone de funcionalidades que le permiten llevar un control exhaustivo del trabajo del alumno, guardando todas las soluciones enviadas por el alumno. Se utilizan todos los tipos de problemas que soporta, aunque las asignaturas básicas (matemáticas, programación, química, ..) son las que más utilizan la plataforma. Por otra parte hemos observado una apreciable mejoría de los resultados académicos en aquellas asignaturas que utilizan ACME.

Los comentarios de los profesores nos confirman que los alumnos trabajan más y tienen mucho interés en obtener las soluciones correctas. El hecho de saber que el trabajo del alumno es controlado a través de ACME por el profesor, motiva a los alumnos en el trabajo diario. Por otra parte se ha notado un incremento en las tutorías presenciales en las que se atienden principalmente las dudas surgidas en la resolución de actividades.

Los comentarios de los alumnos y las encuestas que periódicamente se pasan nos confirman que la plataforma es fácil de utilizar y valoran muy positivamente el hecho de tener una única

plataforma ya que les facilita el trabajo. También valoran de forma muy positiva el hecho de que una vez han entrado la solución con la interfaz adecuada y envían la solución a corregir, el sistema inmediatamente les dice si la solución es correcta y en caso contrario les devuelve el feed-back adecuado para orientarlos hacia la solución correcta.

Tabla 1: Utilización de ACME en la EPS en los últimos cursos

CARRERA	CURSOS																	
	2004/05			2005/06			2006/07			2007/08			2008/09			2009/10		
	Asig.	Alum.	Prob.	Asig.	Alum.	Prob.	Asig.	Alum.	Prob.	Asig.	Alum.	Prob.	Asig.	Alum.	Prob.	Asig.	Alum.	Prob.
Ingenierías Técnicas en Informática	4	665	57	8	995	463	9	956	437	9	875	589	11	802	610	10	749	490
Ingenierías Técnicas Industriales	3	87	114	9	636	371	11	652	318	12	637	402	14	897	632	17	1457	626
Ingenierías Técnicas Agroalimentarias	1	52	65	4	85	116	4	81	242	4	72	280	4	67	338	4	82	253
Ingeniería Industrial	3	206	56	4	289	120	6	513	114	6	478	155	7	419	185	7	917	259
Ingeniería de la edificación y Arquitectura	1	187	54	2	231	107	2	216	87	2	205	90	3	260	162	2	62	98
<b>TOTAL</b>	<b>12</b>	<b>1197</b>	<b>346</b>	<b>27</b>	<b>2236</b>	<b>1177</b>	<b>32</b>	<b>2418</b>	<b>1198</b>	<b>33</b>	<b>2267</b>	<b>1516</b>	<b>39</b>	<b>2445</b>	<b>1927</b>	<b>40</b>	<b>3267</b>	<b>1726</b>

## CONCLUSIONES

Las plataformas de e-learning son piezas clave en la formación universitaria actual. Uno de los inconvenientes de estas plataformas es su adaptación a las materias de las carreras de Ingeniería ya que las respuestas a los diferentes problemas de estas materias suelen ser abiertas y se pueden representar de muy distintas formas: ecuaciones, diagramas, esquemas, etc. Otro inconveniente es la falta de plataformas que soporten una gran variedad de problemas ya que las existentes se suelen centrar en un único tipo de ejercicios. La necesidad de disponer de plataformas que dispongan de funcionalidades específicas de corrección, retorno de feed-back y puntuación y evaluación automáticas, así como que permitan la corrección de una amplia variedad de ejercicios, nos ha llevado a desarrollar la plataforma ACME con las características mencionadas. Su utilización a lo largo de más de diez años en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Girona nos corrobora las ventajas que aporta su utilización y nos confirma que su utilización aporta mejoras académicas y en general un mejor aprendizaje por parte de los alumnos.

## REFERENCIAS

- Bloom, B.S; *Taxonomy of educational objectives*. David McKay Co Inc. New York. (1956).
- Boada, I., J. Soler, F.Prados y J. Poch; *A teaching/learning support tool for introductory programming courses*. International Conference on Information Technology based Higher Education and Training ITHET. pp. 604-609. (2004).
- Prados, F., I. Boada, J. Soler y J. Poch; *Automatic generation and correction of technical exercises*. ICECE International Conference on Engineering and Computer Education. (2005).
- Prados, F., J. Poch, I.Villaescusa, I. Boada y J. Soler; *An automatic correction tool for inorganic chemical formulas*. IEEE Frontiers in Education. (2010).
- Soler, J., I. Boada, F. Prados, J. Poch y R. Fabregat; *A web-based e-learning tool for database design courses*. International Journal of Engineering Education. Vol 27 (1) pp 61-69. (2011).