



MODELOS FLEXIBLES DE FORMACIÓN: UNA RESPUESTA A LAS NECESIDADES ACTUALES

NUEVAS OPORTUNIDADES EN EL AMBITO DOCENTE DE LA INGENIERÍA GRÁFICA INDUSTRIAL

**La experiencia de aprendizaje del departamento de Expresión Gráfica en la
Ingeniería en la Escola d'Enginyeria Tècnica Industrial de Barcelona (EUETIB)**

- Farrerons Vidal, Oscar
Universitat Politècnica de Catalunya
Escola Universitària d'Enginyeria Tècnica Industrial de Barcelona.
Calle Comte d'Urgell 187. 08036 - Barcelona. España.
oscar.farrerons@upc.edu
- Olmedo Torre, Noelia
Universitat Politècnica de Catalunya
Escola Universitària d'Enginyeria Tècnica Industrial de Barcelona.
Calle Comte d'Urgell 187. 08036 - Barcelona. España.
olmedo@ege.upc.edu

1. **RESUMEN:** La metodología docente de la asignatura EG, basada en objetivos docentes para el autoestudio, para DAO, de conocimiento combinado, y transversales; la organización en clases teóricas de autoaprendizaje, junto con gran cantidad de trabajo semanal asignado al alumno, y las correcciones basadas en rúbricas de rápido retorno, han permitido aumentar el conocimiento del área de los estudiantes y los resultados académicos, toda vez que suponen una oportunidad para el ámbito de la ingeniería gráfica.
2. **ABSTRACT:** The teaching methodology of the EG subject, based on educational objectives for self, for CAD, combined knowledge and cross-sectional organization and self-learning lectures and other expository, along with a large amount of work assigned to weekly student, and corrections based on headings of quick return, have increased academic achievement, since it represent a new opportunity for the field of engineering graphics.



MODELOS FLEXIBLES DE FORMACIÓN: UNA RESPUESTA A LAS NECESIDADES ACTUALES

3. PALABRAS CLAVE: Ingeniería Gráfica, aprendizaje, DAO, rúbricas, evaluación continuada / **KEYWORDS:** engineering graphics, learning, CAD, rubric, continuous assessment.

4. DESARROLLO:

a) Objetivos

Se pretende mostrar la experiencia docente del Departamento de Expresión Gráfica en la Ingeniería en la Escola d'Enginyeria Tècnica Industrial de Barcelona (EUETIB), aplicada a la asignatura “Expresión Gráfica”, asignatura troncal de 6 créditos ECTS de primer cuatrimestre, que se imparte en los seis grados de ingeniería industrial de la EUETIB.

El objetivo es exponer la metodología usada para la impartición del contenido del curso, y hacer hincapié en las innovaciones relacionadas con el proceso de enseñanza-aprendizaje de la ingeniería gráfica, así como mostrar que las herramientas usadas suponen una oportunidad de desarrollo del área. Estamos convencidos, tal y como opina el profesor Sangrà (1), que las innovaciones tecnológicas mejoran la docencia universitaria y, en el caso de la ingeniería gráfica, suponen nuevas oportunidades de desarrollo del área.

En los últimos años los autores de esta ponencia han sintetizado los principales cambios que están influenciando el área (2) y analizado la adquisición de competencias y formación de perfiles profesionales (3). Con esta base teórica hemos contribuido al cambio de la metodología docente en el aprendizaje de la ingeniería gráfica que se está impartiendo en la EUETIB.

b) Descripción del trabajo

Todos los contenidos de la asignatura Expresión Gráfica (EG), están definidos a nivel de Objetivos Específicos. Los objetivos tienen asignado su nivel de competencia, y además están agrupados por tipo: los objetivos para el autoestudio, los objetivos para Diseño Asistido por Ordenador (DAO), de conocimiento combinado, y los objetivos transversales.



MODELOS FLEXIBLES DE FORMACIÓN: UNA RESPUESTA A LAS NECESIDADES ACTUALES

Objetivos para el autoestudio

Definen los contenidos teóricos que el alumno debe alcanzar mediante el estudio. Están agrupados por tipo de contenidos. Este tipo de objetivos poseen competencias de conocimiento y comprensión. El alumno dispone de un documento con 140 objetivos concretos para el autoestudio, agrupados por sesión docente y con referencias bibliográficas para cada uno de ellos.

Objetivos para DAO

Son específicos para las habilidades prácticas, se alcanzan mediante ejercicios a realizar en clase y mediante ejercicios a realizar en casa siguiendo tutoriales paso a paso. Estos objetivos cumplen competencias de aplicación de contenidos. Se han identificado 6 objetivos para DAO:

- 1) Aplicar las técnicas básicas de modelado: Croquis 2D, base, saliente, cortar, modificar, visualizar sección.
- 2) Aplicar las técnicas básicas de ensamblado: agregar, mover y girar.
- 3) Aplicar las técnicas básicas de dibujo de planos: editar formato y plantilla, agregar vistas estándar, anotaciones, imprimir.
- 4) Poner en práctica técnicas de modelado de superficies. Creación de superficies primitivas (creadas mediante la especificación de valores), por desplazamiento (revolución, extrusión y barrido), de recubrimiento (cubren modelos alámbricos), derivadas (generadas a partir de superficies existentes)
- 5) Realizar operaciones de edición de superficies: unión, recorte, extensión, coser.
- 6) Concepto de superficie biparametrizada y de líneas isoparamétricas.



MODELOS FLEXIBLES DE FORMACIÓN: UNA RESPUESTA A LAS NECESIDADES ACTUALES

Objetivos de conocimiento combinado

Requieren la aplicación de los conocimientos teóricos y las habilidades prácticas. Se han identificado 14 objetivos combinados, con diferentes competencias:

- 1) Resolver croquis acotados de dibujos axonométricos sin acotar. Comp. aplicación.
- 2) Resolver croquis aplicando cortes en las vistas obtenidas. Competencia aplicación.
- 3) Interpretar y reconocer errores en acotaciones diédricas. Competencia comprensión.
- 4) Interpretar y ejecutar proyecciones diédricas. Competencia comprensión.
- 5) Interpretar diferentes modos de proyección diédrica. Competencia aplicación.
- 6) Resolver en DAO la representación 3D de piezas diédricas. Comp. aplicación.
- 7) Solventar en DAO la representación 3D de piezas axonométricas. Comp. aplicación.
- 8) Solucionar en DAO planos acotados de axonométricos acotados. Comp. aplicación.
- 9) Satisfacer con DAO un proyecto propio. Competencia síntesis.
- 10) Aplicar los conceptos de corte en una pieza dibujada mediante DAO. Competencia aplicación.
- 11) Obtener el modelo 3D a partir de Vistes con cortes mediante DAO. Competencia aplicación.
- 12) Conseguir plano de fabricación con las vistas de corte necesarias para su representación correcta mediante DAO. Competencia aplicación.
- 13) Realizar los planos de una idea o proyecto propio. Competencia aplicación.
- 14) Emitir un juicio crítico basado en criterios internos o externos. Competencia evaluación.

Organización y elementos del curso

En la asignatura se organizan dos tipos de grupos entre los alumnos, acordes con innovaciones en metodologías de aprendizaje (4), el Grupo Base y el Grupo de Proyecto.

El Grupo Base (3 estudiantes) trabaja en clase de forma conjunta, por lo que no es necesario que tengan afinidades ni coincidencia de horarios fuera de clase. Cada semana



MODELOS FLEXIBLES DE FORMACIÓN: UNA RESPUESTA A LAS NECESIDADES ACTUALES

este grupo recibe el encargo de estudiar un tema. El hecho de que un alumno reciba el encargo de explicar un contenido, no quiere decir que no deba estudiar los temas propuestos a los otros estudiantes, de hecho puede que necesite comprenderlos para poder explicar su parte.

El Grupo de Proyecto es formado por los propios alumnos, así podrán garantizar la coincidencia de horarios fuera de clase, y también agruparse por intereses temáticos. El tamaño de grupo (ideal 3 alumnos) puede decidirse en función de la cantidad de trabajo que implique el proyecto.

Elementos de la asignatura

La asignatura se compone de 5 elementos:

- 1) Clases de teoría (Autoaprendizaje y Expositivas)
- 2) Ejercicios de croquización
- 3) Ejercicios tutorizados de DAO (para realizar en casa)
- 4) Ejercicios de DAO (para clase)
- 5) Proyecto

Clases de teoría

El Autoaprendizaje de contenidos teóricos lleva a cabo el estudio de la Normalización Industrial. Se usa la técnica puzle utilizada en formación cooperativa [5]. Se utiliza el Grupo Base donde cada integrante está identificado por una letra. Cada semana el alumno debe estudiar unos temas (diferente encargo para cada integrante) para ser explicados en clase en el entorno de grupo. Los alumnos deben estudiar y realizar un resumen manuscrito de la materia estudiada; una fotocopia de dicho resumen debe ser entregada al resto de integrantes del grupo, de tal forma que los integrantes tendrán un resumen de todos los temas estudiados. Estos resúmenes pueden ser usados para resolver las cuestiones del test diario. En la cabecera de la primera página debe indicar el tiempo empleado. Estos valores, recogidos por el profesor, permiten ajustar el sistema con la experiencia de diferentes



MODELOS FLEXIBLES DE FORMACIÓN: UNA RESPUESTA A LAS NECESIDADES ACTUALES

cuadrimestres. En la sesión presencial el grupo se reúne y cada integrante explica los contenidos que tiene adjudicados; se pueden generar preguntas para el profesor, que éste recoge de todos los grupos y realiza una exposición ordenada que las resuelve. Finalizada la fase de preguntas se realizará una evaluación a partir de un test de 6 preguntas disponible en un espacio virtual siguiendo criterios teóricos de este tipo de cuestiones, como por ejemplo Hernández y Monguet (6).

Las clases expositivas de teoría se utilizan para impartir los contenidos teóricos de Geometría del Espacio y Superficies. Para mejorar la calidad de las exposiciones se utilizan diapositivas y se resuelven ejemplos en DAO. Después de la clase teórica se abre un período de 10 minutos en que los alumnos comentan la teoría presentada, seguida de otro período de 5 minutos de preguntas públicas, para acabar con la realización de un test individual de 6 preguntas.

Ejercicios de croquización

Los ejercicios de croquización son una tarea que requiere un proceso individual, aunque se considera de gran utilidad que se realice una corrección guiada en grupo, permitiendo la entrega de los ejercicios una vez corregidos individualmente. Se defiende el croquis a mano alzada como elemento fundamental en la labor profesional del ingeniero [7].

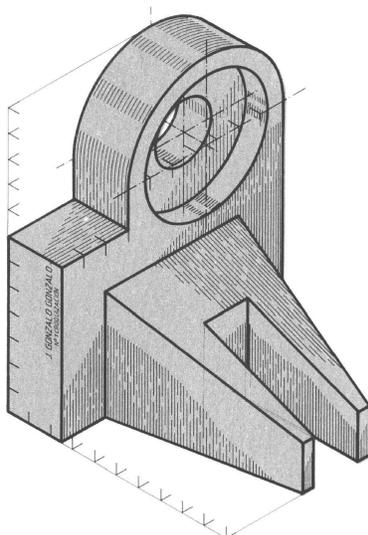


Ilustración 1. Ejercicio croquización.



MODELOS FLEXIBLES DE FORMACIÓN: UNA RESPUESTA A LAS NECESIDADES ACTUALES

Ejercicios DAO

El DAO no es considerado solo una herramienta de dibujo [8], por el contrario permite crear un modelo tridimensional matemático, pasando del objeto dibujado al objeto construido, y a la inversa.

El trabajo en grupo puede ser muy enriquecedor pero en ningún caso sustitutivo del individual, por ello se ha pensado que una buena alternativa podría ser combinar las dos opciones. Para los ejercicios de DAO a resolver en clase se propone, para cada sesión, la resolución en grupo de un ejercicio y la resolución individual en otro. Cada día un alumno diferente del grupo utiliza un único ordenador mientras todos discuten y aportan técnicas de resolución al ejercicio propuesto.

Ejercicios tutorizados de DAO

Los ejercicios de DAO para resolver en casa son los tutoriales del programa usado en EG (SolidWorks). Los alumnos deben resolver de manera individual un ejercicio guiado y, una vez resuelto, enviarlo a través del campus digital antes del inicio de la clase siguiente. La realización de estos ejercicios permite al alumno preguntar dudas de una manera virtual, sin tener que esperar a la siguiente clase presencial, aproximándose a un modelo de docencia semipresencial ya experimentado por Brigos, Torner, Alpiste (9).

Se proponen 4 tipos de ejercicios:

- 1) Modelado 3D partiendo de planos diédricos. Estos ejercicios permiten practicar las técnicas de modelado y la interpretación de vistas y acotaciones diédricas.
- 2) Modelado 3D y planos partiendo de axonométrico. Permiten repasar las técnicas de modelado, las normas de representación y acotación, y la interpretación de dibujos axonométricos.



MODELOS FLEXIBLES DE FORMACIÓN: UNA RESPUESTA A LAS NECESIDADES ACTUALES

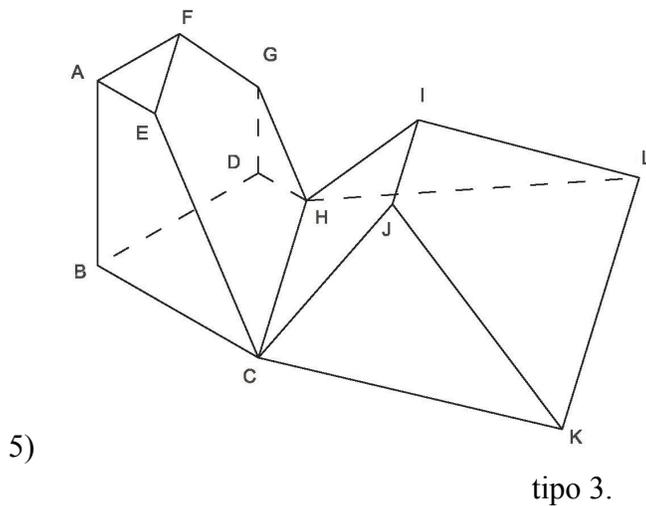


Ilustración 4. Ejercicio DAO

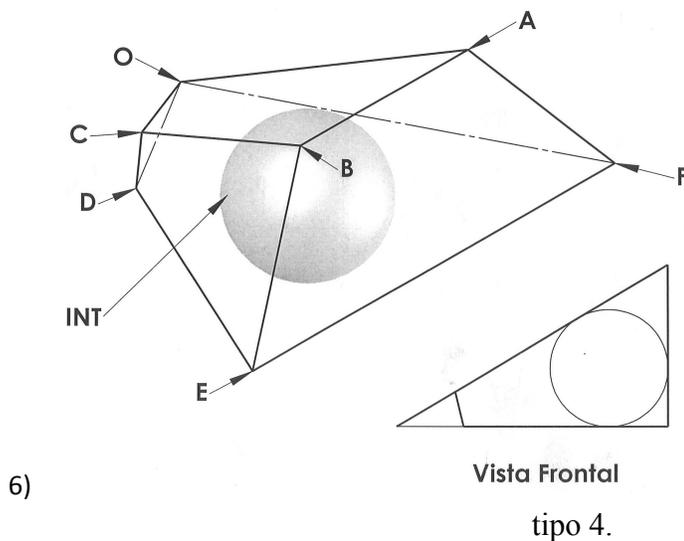


Ilustración 5. Ejercicio DAO

Proyecto

El Proyecto es el quinto elemento básico del curso. Se basa en las técnicas de aprendizaje cooperativo y constructivista [10] y consiste en la entrega de un proyecto original de un conjunto ingenieril con diferentes componentes mecánicos, desarrollado por el grupo, a propuesta de éste y previa aceptación por parte del profesor. Los alumnos van desarrollando los trabajos, tutorizados por el profesor en las horas de atención al alumno, y se entrega al final con una defensa pública. El contenido del proyecto debe incluir una breve memoria,



MODELOS FLEXIBLES DE FORMACIÓN: UNA RESPUESTA A LAS NECESIDADES ACTUALES

croquis a mano alzada de las piezas, planos impresos con las vistas diédricas definitorias de cada pieza, planos de conjunto y subconjuntos, vistas explosionadas con las piezas identificadas, movimientos específicos del conjunto en los documentos informáticos, ensamblajes y presentación digital del proyecto.

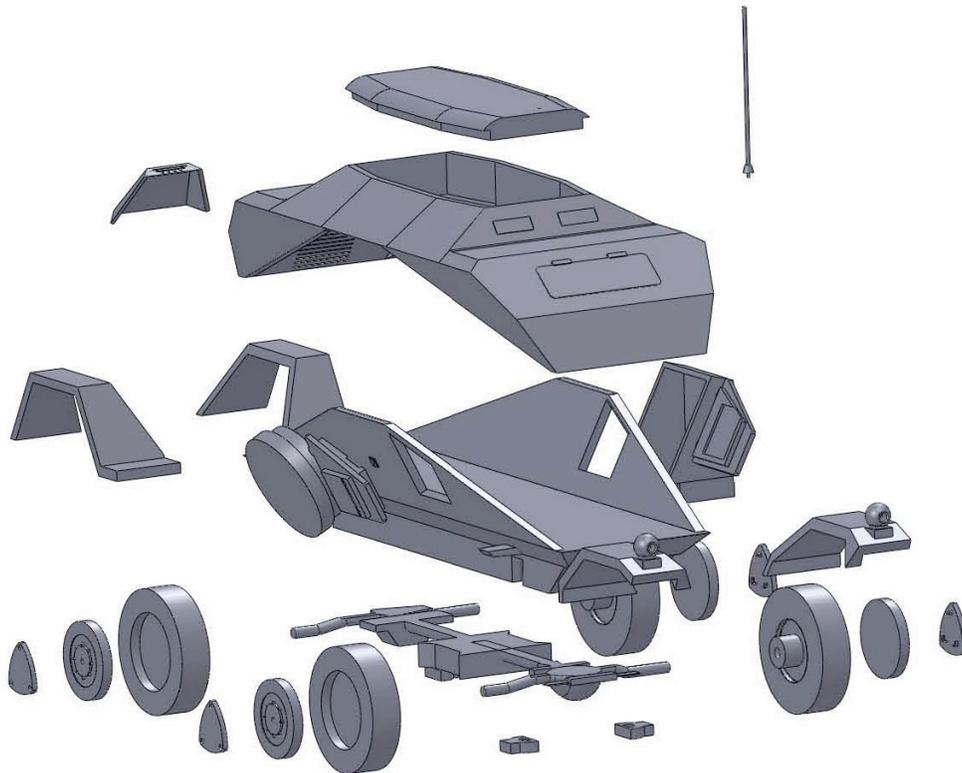


Ilustración 6. Proyecto tipo.

Evaluación de la asignatura

Se ha estudiado el sistema de evaluación de la asignatura basado en criterios de calidad (11) y de innovación docente (12), y se asienta en una evaluación continua con los siguientes porcentajes: Entregables 40%, ejercicio modelado base 5%, modelado y planos 20%, ejercicio geometría del espacio 15%, proyecto 20%. Entre los Entregables diarios (40% de la nota total del curso) se distinguen tres tipos de ejercicios:



MODELOS FLEXIBLES DE FORMACIÓN: UNA RESPUESTA A LAS NECESIDADES ACTUALES

- Ejercicios tutorizados DAO realizados en casa (12 en total): 15%
- Cuestionarios en campus virtual realizados en clase (10 en total): 70%
- Ejercicios de croquización realizados en casa (20 en total): 15%

Todos los elementos evaluables disponen de una rúbrica pública de calidad (13) que los alumnos conocen desde el inicio del curso. Las notas se actualizan semanalmente para asegurar un correcto retorno, necesario para el progreso del curso, así como ser una evaluación de carácter formativo y sumativo (14).

Una vez terminadas las sesiones docentes, los alumnos con los ejercicios de “modelado y planos” (20%) y geometría del espacio (15%) suspendidos, disponen de la posibilidad voluntaria de presentarse a un examen de recuperación de dichos ejercicios.

c) Conclusiones

La metodología usada ha supuesto que los alumnos tengan un nivel mucho más elevado de ingeniería gráfica gracias a la implicación diaria de los estudiantes en la asignatura. El trabajo continuado mediante la herramienta de DAO ha permitido a los alumnos desenvolver las capacidades necesarias para poder desarrollar todo su potencial en las sesiones presenciales. El hecho que ser ejercicios puntuables, independientemente del pequeño porcentaje, supone una motivación extra y un reconocimiento al esfuerzo que realizan en casa para poder aprovechar las horas presenciales en clase.

Estos resultados son medibles a través de las notas finales públicas de los alumnos en la asignatura EG, que suponen unos porcentajes alrededor del 80% de aprobados, muy superiores a los resultados que se obtenían antes de aplicar la metodología expuesta (alrededor del 45%). Podemos concluir que de las actividades desarrolladas en el aula, las relacionadas con la evaluación son las que más condicionan el aprendizaje al encontrarse en el centro del mismo [15].



MODELOS FLEXIBLES DE FORMACIÓN: UNA RESPUESTA A LAS NECESIDADES ACTUALES

La asignatura dispone de un cuestionario propio de mejora que ha permitido detectar algunos puntos mejorables de la metodología, con lo que se ha conseguido llegar a los actuales resultados académicos.

Al igual que Sentana y otros profesores (16) estamos seguros que la Ingeniería Gráfica puede responder afirmativamente al desafío de los cambios del nuevo sistema universitario, y puede convertirse en una fuente de nuevas oportunidades para el área, siempre que se aproveche el potencial de las herramientas de que disponemos, y para ello hay que trabajar más allá del aula.

Creemos que la metodología expuesta en esta ponencia puede ser también aplicable a otras asignaturas, en que el componente tecnológico haya incidido de forma apreciable en el “corpus” clásico de la asignatura.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. A. Sangrà, L. Guàrdia, A. Bellot, Actas del I CIDUI, “¿Pueden las innovaciones tecnológicas mejorar la docencia universitaria?”, Barcelona (2000).
2. O. Farrerons, N. Olmedo. Análisis histórico de la influencia de las tecnologías de la información y la comunicación en el aprendizaje de las técnicas de ingeniería gráfica en España. Actas del XXI CUIEET. Valencia (2012).
3. N. Olmedo, O. Farrerons, Definición, detección, adquisición de competencias y formación de perfiles profesionales en el sector multimedia de las TIC. “Revista Internacional de Tecnología, Conocimiento y Sociedad” ISSN 2174-8985. Volume 3, Issue 1, (2014). <http://ijtes.cgpublisher.com/product/pub.219/prod.43>
4. N. Salán, M. Martínez, A. Adam, I. Darnell, E. Portet and I Torra, RIMA, Research and innovation in learning methodologies, a dynamic tool of the ICE-UPC. Proc. 37th SEFI Annual Conference, Rotterdam (2009), 14 January 2012, <http://www.sefi.be/wp-content/abstracts2009/Martinez.pdf>.



MODELOS FLEXIBLES DE FORMACIÓN: UNA RESPUESTA A LAS NECESIDADES ACTUALES

5. B. Deborah, F. Kaurman, F. Richard. Accountig for individual effort in cooperative learning teams. *J. Engr. Education*, 89(2), 133–140 (2000).
6. F. Hernández, J.M. Monguet, M. Ochoa, V. Hernández, J. Font, *Actas del XIII ADM - XV INGEGRAF*, "Infraestructura y espacios virtuales", Italia (2003).
7. A. Martínez, I. Sentana, *Actas del X CUIEET*, "Evolución en la enseñanza del dibujo técnico mecánico en las enseñanzas técnicas", Valencia (2002).
8. M. Morato, *Actas del VII CUIEET*, "Dos años de experiencias con la enseñanza reglada del Dibujo Asistido por Ordenador", Huelva (1999).
9. M. Brigos, J. Torner, F. Alpiste, J. Fernández, A. García, O. Farrerons, *Actas del XVIII CUIEET*, "Estrategias de generación de contenidos para formación presencial on-line", Santander (2010).
10. G. Urruza, J. Ortega, E. Sierra. "Diseño de conjuntos mecánicos con un enfoque de aprendizaje constructivista". *Actas del XVIII INGEGRAF*. (2006).
11. A. Cadenato, M. Martínez, I. Gallego, B. Amante, J. Jordana, R.F. Sánchez, O. Farrerons, A. Isalgue, J. Fabregat. *Actas del VI CIDUI*. "Criterios para prácticas de evaluación de calidad. Una propuesta de GRAPA-RIMA". Barcelona (2012)
12. Monográfico: La evaluación en el marco del Espacio Europeo de Evaluación (EEES), http://www.upc.edu/ice/innovacio-docent/publicacions_ice/monografics-ice
13. A. Blanco. Las rúbricas: un instrumento útil para la evaluación de competencias. In: L. Prieto, (coord.) *La enseñanza universitaria centrada en el aprendizaje*. Barcelona. Octaedro, 17 (2008).
14. V.M. López Pastor. "Best practices in academic assessment in higher education: A Case in formative and shared assessment". *Journal of Technology and Science Education*. 1, 2, 25-39 (2011). ISSN: 2013-6374; DOI: 10.3926/jotse.2011.20.



MODELOS FLEXIBLES DE FORMACIÓN: UNA RESPUESTA A LAS NECESIDADES ACTUALES

15. Gibbs & Simpson (2004), Conditions under which assessment supports students learning. *Learning and Teaching in Higher Education*, 1, 3-31.
16. I. Sentana, E. Sentana, Y. Gutiérrez, J.L. Poveda, *Actas del XX INGEGRAF*, “El desafío de la IG ante el nuevo sistema universitario del siglo XXI”, Valencia (2008).