

Mejoras docentes en la enseñanza de la Ingeniería Gráfica Industrial que permiten optimización del aprendizaje y nuevas oportunidades profesionales a partir del CAD paramétrico 3D.

Oscar Farrerons Vidal, Noelia Olmedo Torre, Jordi Ivern Cacho

Escola Universitària d'Enginyeria Tècnica Industrial de Barcelona.

Consorci Escola Industrial de Barcelona.

C/ Comte d'Urgell 187. BARCELONA 08036.

Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona TECH.

Departament Expressió Gràfica a l'Enginyeria

Teléfono [+34] 93 413 73 77, Fax [+34] 93 413 74 01, oscar.farrerons@upc.edu

Resumen

La metodología docente de la asignatura Expresión Gráfica impartida en la Escola Universitària d'Enginyeria Tècnica Industrial de Barcelona ha supuesto un exitoso cambio en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la ingeniería gráfica (IG). Está basada en objetivos docentes plenamente identificados y clasificados en tres grupos: 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 la comprensión de los estudiantes del área de conocimiento IG. Los resultados académicos han mejorado en gran medida con dicha metodología docente, toda vez que suponen una oportunidad para el ámbito de la ingeniería gráfica al abrir nuevas oportunidades profesionales.

Palabras Clave: Ingeniería Gráfica, aprendizaje, DAO, rúbricas, evaluación continuada.

Abstract

The methodology of Graphic Expression course taught at the Escola Universitària d'Enginyeria Tècnica Industrial de Barcelona has been a successful change in the teaching and learning of engineering graphics. It is based on learning objectives clearly identified and classified into three groups: for self, for DAO, combined knowledge and cross. The organization self-learning lectures, along with lots of work per week allocated to them, and based on rubrics quick return, corrections have increased the students' understanding of the knowledge area IG. The academic results have improved greatly with this teaching methodology, since represent an opportunity for the field of graphic engineering

Keywords: engineering graphics, learning, CAD, rubric, continuous assessment.

1. Introducción

Este artículo 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 como 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 exitoso cambio de la metodología docente en el aprendizaje de la ingeniería gráfica que se está impartiendo en la EUETIB.

2. Contenidos y objetivos de la asignatura EG

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 (que combinan los demás).

2.1. 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.

2.2 Objetivos para DAO

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

- Aplicar las técnicas básicas de modelado: Croquis 2D, base, saliente, cortar, modificar, visualizar sección.
- Aplicar las técnicas básicas de ensamblado: agregar, mover y girar.
- Aplicar las técnicas básicas de dibujo de planos: editar formato y plantilla, agregar vistas estándar, anotaciones, imprimir.
- 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)
- Realizar operaciones de edición de superficies: unión, recorte, extensión, coser.
- Concepto de superficie biparametrizada y de líneas isoparamétricas.

La herramienta DAO usada para conseguir estos objetivos tenía que ser versátil y precisa, por lo que se usa el programa de diseño mecánico en 3D SolidWorks, cuyas principales ventajas [4] son su capacidad asociativa, variacional y paramétrica de forma bidireccional.

2.3 Objetivos de conocimiento combinado

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

- Resolver croquis acotados de dibujos axonométricos sin acotar. Competencia aplicación.
- Solucionar croquis aplicando cortes en las vistas obtenidas. Competencia aplicación.
- Aclarar y reconocer errores en acotaciones diédricas. Competencia comprensión.
- Interpretar y ejecutar proyecciones diédricas. Competencia comprensión.
- Interpretar diferentes modos de proyección diédrica. Competencia aplicación.
- Resolver en DAO la representación 3D de piezas diédricas. Comp. aplicación.

- Solventar en DAO la representación 3D de piezas axonométricas. Comp. aplicación.
- Solucionar en DAO planos acotados de axonométricos acotados. Comp. aplicación.
- Satisfacer con DAO un proyecto propio. Competencia síntesis.
- Aplicar los conceptos de corte en una pieza dibujada mediante DAO. Comp. aplicación.
- Obtener el modelo 3D a partir de Vistes con cortes mediante DAO. Com. aplicación.
- Conseguir dibujar planos de fabricación con las vistas de corte necesarias para su representación correcta mediante DAO. Competencia aplicación.
- Realizar los planos de una idea o proyecto propio. Competencia aplicación.
- Emitir un juicio crítico basado en criterios internos o externos. Competencia evaluación.

3. Organización y grupos

En la asignatura se organizan dos tipos de grupos entre los alumnos, acordes con innovaciones en metodologías de aprendizaje [5], 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 este grupo recibe el encargo de estudiar un tema. El hecho de que un alumno reciba la tarea de explicar un contenido, no quiere decir que no deba estudiar los temas propuestos a los otros estudiantes, de hecho necesitará 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 escogido por cada grupo.

4. Elementos de la asignatura

La asignatura se compone de 5 elementos de trabajo: clases de teoría (de tipo autoaprendizaje y de tipo expositivas), ejercicios de croquización, ejercicios de DAO que se llevan a cabo en clase, trabajos tutorizados de DAO (para realizar en casa), y un proyecto.

4.1 Clases de teoría

El Autoaprendizaje de contenidos teóricos se lleva a cabo en el estudio de la Normalización Industrial. Se usa la técnica “puzle” utilizada en formación cooperativa [6]. 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 cuatrimestres. 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 realiza una evaluación a partir de un test de 6 preguntas disponible en un espacio virtual, siguiendo criterios teóricos de este tipo de cuestiones expuestos en ejemplos de buenas prácticas (Hernández, Monguet) [7].

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.

4.2 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 [8].

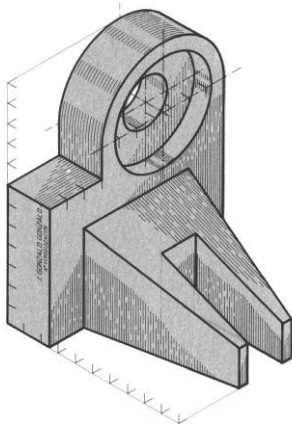


Figura 1. Isométrica para realizar croquis

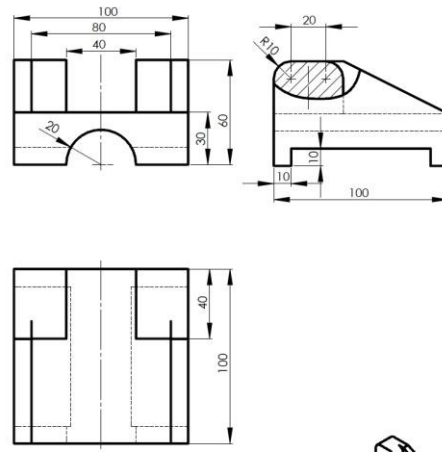


Figura 2. croquis resuelto

4.3 Ejercicios de DAO para efectuar en clase

El DAO no es considerado sólo una herramienta de dibujo [9], 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 problema y la resolución individual en otro ejercicio. Cada día un alumno diferente del grupo utiliza un único ordenador mientras todos discuten y aportan técnicas de resolución al ejercicio propuesto.

Se proponen 4 tipos de ejercicios: modelado 3D partiendo de planos diédricos, modelado 3D y planos partiendo de axonométrico, ejercicios de geometría en el espacio, y ejercicios de superficies.

4.3.1 Modelado 3D partiendo de planos diédricos

Estos ejercicios permiten practicar las técnicas de modelado y la interpretación de vistas y acotaciones diédricas.

4.3.2 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.

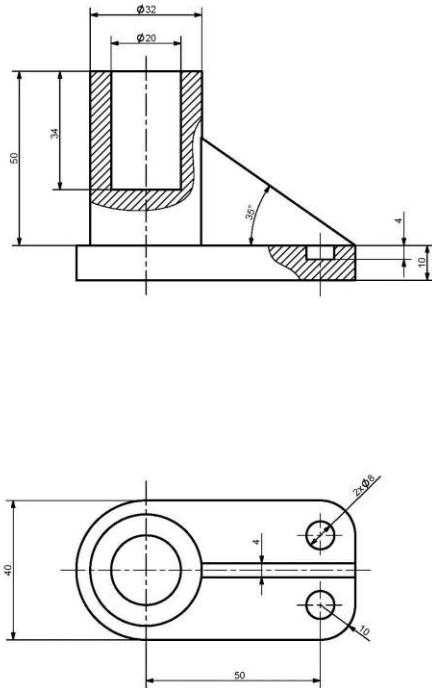


Figura 3. Modelado partiendo de planos

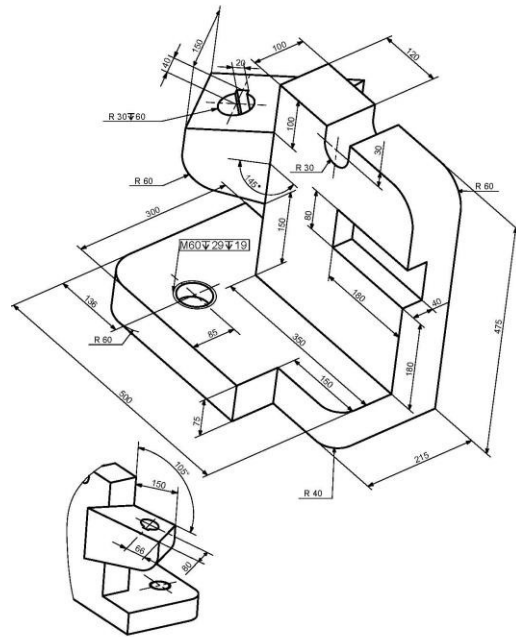


Figura 4. Modelado partiendo de axonométrico

4.3.3 Ejercicios de geometría en el espacio

Los ejercicios de geometría en el espacio acceden a aplicar la teoría geométrica tridimensional para la resolución de problemas de modelado. Mejoran la capacidad de visión espacial.

4.3.4 Ejercicios de superficies.

Estos ejercicios permiten la aplicación de la lógica métrica y el análisis de superficies para la resolución de problemas complejos de modelado.

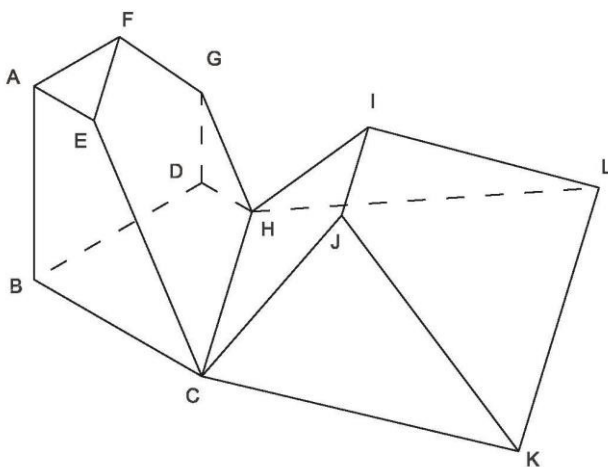


Figura 5. Ejercicio de geometría espacial

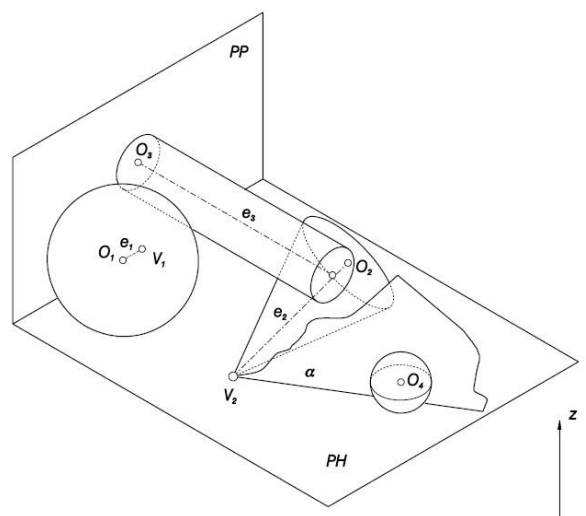


Figura 6. Ejercicio de superficies

4.4 Trabajos tutorizados de DAO (para realizar en casa)

Los trabajos tutorizados de DAO para resolver en casa son los propios 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, desarrollando a un modelo de docencia semipresencial ya experimentado por Brigos, Torner, Alpiste [10].

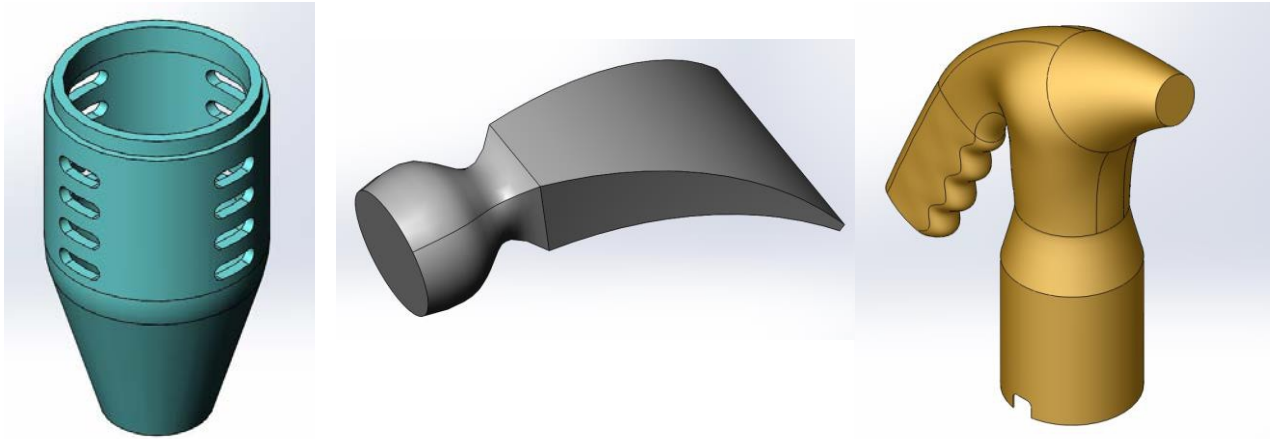


Figura 7. Ejemplos de trabajos tutorizados

4.5 Proyecto

El Proyecto es el quinto elemento básico del curso. Se basa en las técnicas de aprendizaje cooperativo y constructivista [11], 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, croquis a mano alzada de las piezas, planos impresos con las vistas diédricas definitivas de cada pieza, planos de conjunto y subconjuntos, vistas explosionadas con las piezas identificadas, movimientos específicos del conjunto, ensamblajes y presentación digital del proyecto.

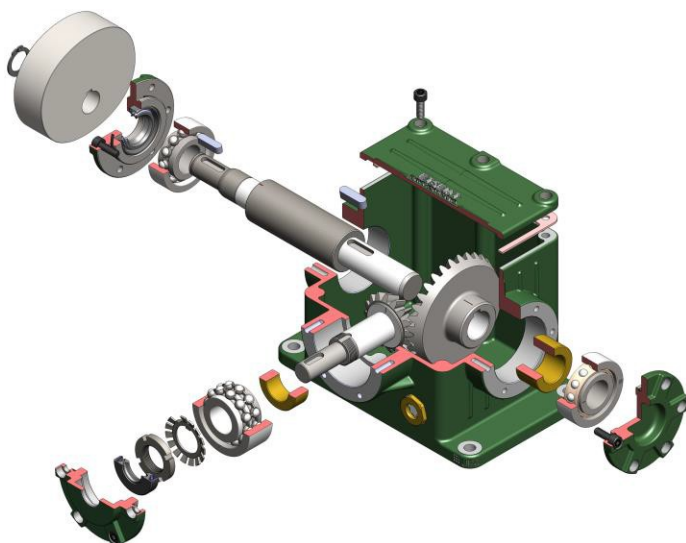


Figura 8. Proyecto caja cambios

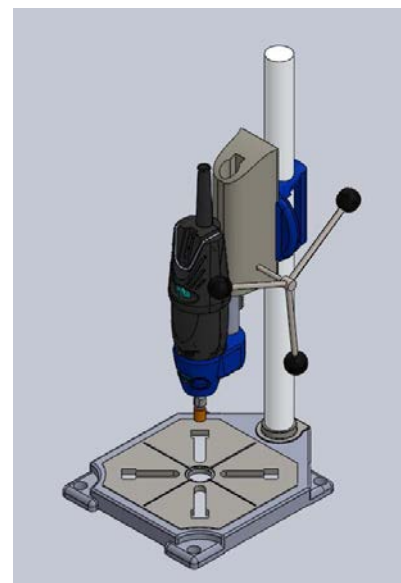


Figura 9. Proyecto Dremel

Los alumnos disponen en Atenea de un documento en que se especifica que se espera de sus proyectos, una rúbrica generalista de corrección, y una lista de reproducción youtube con la presentación de los mejores proyectos entregados en los últimos 4 años: <http://www.youtube.com/watch?v=VGnZAvbAke4&list=PL9E4ECD53E6C96EB0&index=1>

5. Evaluación de la asignatura

Se ha estudiado un sistema de evaluación de la asignatura basado en criterios de calidad [12] y de innovación docente [13], que 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 ejercicios entregables diarios (40% de la nota total del curso) se distinguen tres tipos de ejercicios:

- 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 [14] 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 [15].

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.

6. 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 académicos 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. 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 [16].

Los resultados han permitido avanzar en el desarrollo del área en: 1-Mejora capacidad visual tridimensional, 2-Optimización de la gestión del trabajo DAO, 3-Desarrollo la capacidad asociativa, variacional y paramétrica, 4- Desarrollo de técnicas de trabajo cooperativo y constructivista, 5-Impulso de las relaciones cinemáticas en la IG, y 6-Incremento de las herramientas de productividad y de gestión de proyectos.

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. Se continúa trabajando en la mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Al igual que Sentana y otros profesores [17] 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.

7. Referencias

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. *Actas del XXI CUIEET*. 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, Valencia (2012).
3. N. Olmedo, O. Farrerons, *Revista Internacional de Tecnología, Conocimiento y Sociedad*, Volume 3, Issue 1, (2014).
4. S. Gómez González, *El gran libro de SolidWorks*, Marcombo, Barcelona, (2015).
5. N. Salán, M. Martínez, A. Adam, I. Darnell, E. Portet and I Torra, *Proc. 37th SEFI Annual Conference*, RIMA: Research and innovation in learning methodologies, a dynamic tool of the ICE-UPC. Rotterdam (2012)
6. B. Deborah, F. Kaurman, F. Richard. Accountig for individual effort in cooperative learning teams. *J. Engr. Education*, 133–140 (2000).
7. F. Hernández, J.M. Monguet, M. Ochoa, V. Hernández, J. Font, *Actas del XIII ADM - XV INGEGRAF*, Infraestructura y espacios virtuales, Italia, (2003).
8. A. Martínez, I. Sentana, *Actas del X CUIEET*, Evolución en la enseñanza del dibujo técnico mecánico en las enseñanzas técnicas, Valencia (2002).
9. M. Morato, *Actas del VII CUIEET*, Dos años de experiencias con la enseñanza reglada del Dibujo Asistido por Ordenador, Huelva (1999).
10. 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).
11. G. Urruza, J. Ortega, E. Sierra, *Actas del XVIII INGEGRAF*, Diseño de conjuntos mecánicos con un enfoque de aprendizaje constructivista, (2006).
12. 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)
13. Monográfico: La evaluación en el marco del Espacio Europeo de Evaluación (EEES), http://www.upc.edu/ice/innovacio-docent/publicacions_ice/monografics-ice
14. 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).
15. V.M. López Pastor, *Journal of Technology and Science Education*, pp 1, 2, 25-39 (2011).
16. Gibbs & Simpson, *Learning and Teaching in Higher Education*, pp. 1-31. (2004),
17. 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).

8. Agradecimientos

Los autores de esta ponencia desean agradecer a la Escola Universitària d'Enginyeria Tècnica Industrial de Barcelona el soporte financiero recibido para poder presentar este trabajo en el VIII CIDUI celebrado el pasado mes de julio en Tarragona.