



UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID

Aproximación del alumno al diseño por ordenador de conjuntos mecánicos reales



working
papers

Dr. Jesús Meneses Alonso
Dra. Carolina Álvarez Caldas
D. Santiago Rodríguez Fernández
Dra. Lourdes Rubio Ruiz de Aguirre



UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID

<http://biblioteca.uc3m.es/WORKINGPAPERS>
Serie de Innovación Docente
nº 05-04-01
2005



Resumen

Este Proyecto de Innovación Docente ha sido llevado a cabo en el curso académico 2004-05 con los alumnos de la asignatura de “Diseño Asistido por Computador” de 2º de Ingeniería Técnica Industrial (Mecánica), que se imparte en el primer cuatrimestre. En él se ha inducido a los alumnos al trabajo en grupo sobre un problema de modelado virtual de un conjunto mecánico real, para el que es necesario aprender y aplicar las herramientas básicas propias de la asignatura. Además, el alumno puede, como ha ocurrido en muchos casos, profundizar de forma autodidacta en el empleo de algunas herramientas derivadas que por su complejidad o extensión, no se desarrollan en el marco teórico de la asignatura.

La consecución de este doble objetivo ha supuesto un acercamiento al crédito europeo ECTS, basado en el trabajo realizado por el estudiante en su proceso de aprendizaje. El análisis de los resultados académicos y de las encuestas realizadas a los alumnos tras la experiencia, permiten emitir una valoración positiva de la metodología docente propuesta.

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Marco de actuación: la asignatura y sus objetivos

La asignatura en la que se ha desarrollado el Proyecto de Innovación Docente es “Diseño Asistido por Computador”, de segundo curso de Ingeniería Técnica Industrial (Mecánica), que se imparte en el primer cuatrimestre. Se trata de una asignatura troncal de 6 créditos. La metodología fue aplicada en los dos grupos de teoría, sobre un total de 163 alumnos.

Los objetivos de la asignatura son los siguientes:

- Conocer el papel de las técnicas de diseño, fabricación y análisis “asistidas” por computador (respectivamente, CAD/CAM/CAE) en el desarrollo de un producto industrial.

- Adquirir una visión global de las metodologías de diseño asistido por computador
- Familiarizarse con los procedimientos de moldeado, montaje y representación plana asistidas por computador, de piezas y conjuntos mecánicos. Aplicar estos procedimientos a la obtención de un conjunto mecánico virtual a partir del modelo real, generando la documentación correspondiente (planos de conjunto, explotado y despiece acotado). La aplicación informática empleada es "Solid-Edge".
- Conocer el concepto de elemento finito y aplicarlo al análisis mecánico estructural asistido por ordenador de un componente mecánico. En esta parte de la asignatura se emplea la aplicación "Ansys".

1.2 Motivación

De los objetivos anteriormente expuestos se desprende el carácter eminentemente práctico de la asignatura. De hecho, en cada sesión de teoría se dedica una parte a la explicación de conceptos nuevos -frecuentemente ilustrados con ejemplos prácticos guiados- y la otra parte a la resolución de problemas y ejercicios por parte del alumno, en los que se deben aplicar los conocimientos recién explicados.

En el curso de la asignatura, los alumnos van aprendiendo los procesos de modelado y montaje virtual de conjuntos mecánicos, generación de los planos correspondientes, y análisis por elementos finitos de componentes mecánicos, por lo que pareció interesante que intentasen realizar un trabajo integral, aplicando estas herramientas de forma gradual a un conjunto mecánico real elegido por ellos mismos. Además, los alumnos debían realizar una serie de tareas previas, como son el desmontaje del mecanismo, la toma de medidas, la croquización, incluso la búsqueda de documentación, además del reparto de tareas; y posteriores, como la redacción de una memoria y la preparación de una ponencia oral. Estas tareas, aunque no son propias de la asignatura, proporcionan una visión global del diseño asistido por computador en el ámbito industrial y preparan al futuro ingeniero para el desempeño de funciones similares en su vida laboral.

Además, este tipo de trabajos fomenta el aprendizaje autodidacta, puesto que están basados en la utilización de herramientas informáticas de manejo bastante intuitivo y capacidades muy superiores a las que pueden impartirse en el cuatrimestre.

Por último, la respuesta positiva de los alumnos a experiencias previas similares y la buena evaluación que la parte práctica de la asignatura ha tenido los últimos años (ver Tabla 1), también han motivado la propuesta de un trabajo cuatrimestral que abarque toda la materia impartida, aprovechando así el interés que suscita la asignatura en el alumnado.

Tabla 1: Extracto de resultados de evaluación docente de la asignatura de Diseño Asistido por Computador en los últimos dos años.

	2003/04	2002/03
Porcentaje de clases a las que he asistido (5 – 100%, 4 – 75%, 3 – 50%, 2 – 25%, 1 – 0%)	4.675	4.735
Después de la asignatura ha aumentado mi grado de interés por la materia	4.015	3.945
Las clases prácticas / ejercicios me han sido útiles para el aprendizaje y comprensión de la asignatura	4.16	3.97
Las clases en el aula informática o laboratorio me han sido útiles para el aprendizaje y comprensión de la asignatura	4.26	3.69

1.3 Experiencias previas

En los dos cursos anteriores se propuso un trabajo cuatrimestral similar, pero de menor envergadura, consistente en el modelado y ensamblado de un conjunto mecánico de unas 6 piezas de dificultad moderada. Se realizaba por parejas, se evaluaba únicamente por el material (en papel) entregado, y contaba hasta dos puntos de la nota final.

Las novedades introducidas en esta edición son el aumento de dos a cuatro personas por grupo, lo que ha permitido la realización de un trabajo más extenso; la inclusión de la parte de análisis por elementos finitos de una de las piezas, cubriendo así la totalidad de la asignatura; y la posibilidad de realizar una exposición oral en las sesiones de ponencias.

En las Figuras 1 a 4 se presentan ejemplos de algunos trabajos entregados en los dos últimos años.

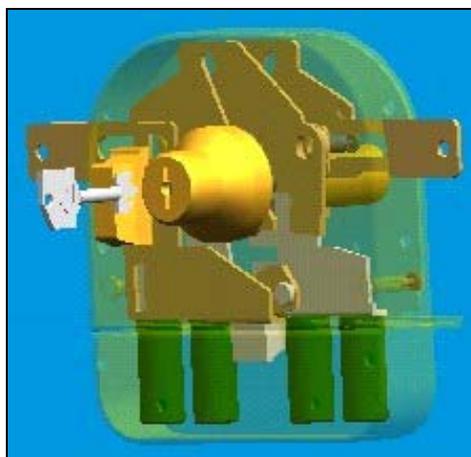


Figura 1: Modelado de cerradura, por Varga Fernández, César y Vidal Castañeda, José Luis

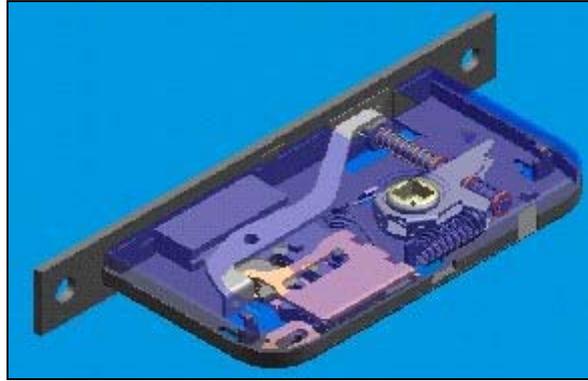


Figura 2: Modelado de cerradura, por Fernández Romero, Beatriz



Figura 3: Bomba de vacío, por Gabriel Buenaventura, Alejandro e Izquierdo Rodríguez, Carlos

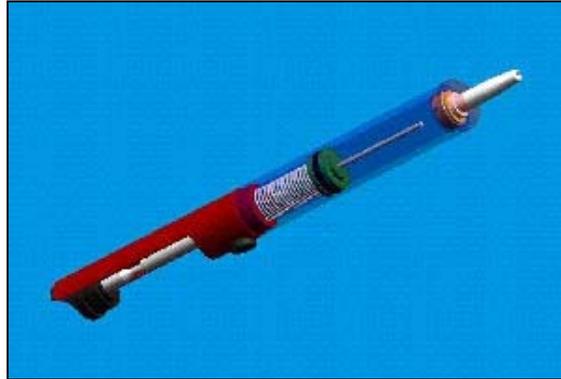


Figura 4: Desoldador, por Carrillo, Patricio y Fermosell, Fernando

2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

2.1 Objetivos del proyecto

Los objetivos del proyecto se pueden sintetizar en los siguientes puntos:

De cara al alumno:

- Planteamiento de un problema de diseño real
- Fomento del trabajo en grupo inculcando la importancia de un objetivo común
- Profundización en el aprendizaje de las herramientas propias de la asignatura de forma autodidacta

De cara a la asignatura:

- Flexibilización del crédito y adaptación al ECTS basado en el trabajo del estudiante y en su proceso de aprendizaje
- Adaptación de procesos formativos y métodos docentes

2.2 Metodología del proyecto

Para describir el proyecto y exponer su metodología, se ha procedido a su división en cinco fases. Para que el alumno tuviese acceso en todo momento a toda la información necesaria para la realización del trabajo (lo que hay que entregar, los plazos, las fechas de las ponencias, etc.) se diseñó la página web de la asignatura (ver Figura 5):

www.uc3m.es/uc3m/dpto/IN/dpin11/DISENO/DAC.html

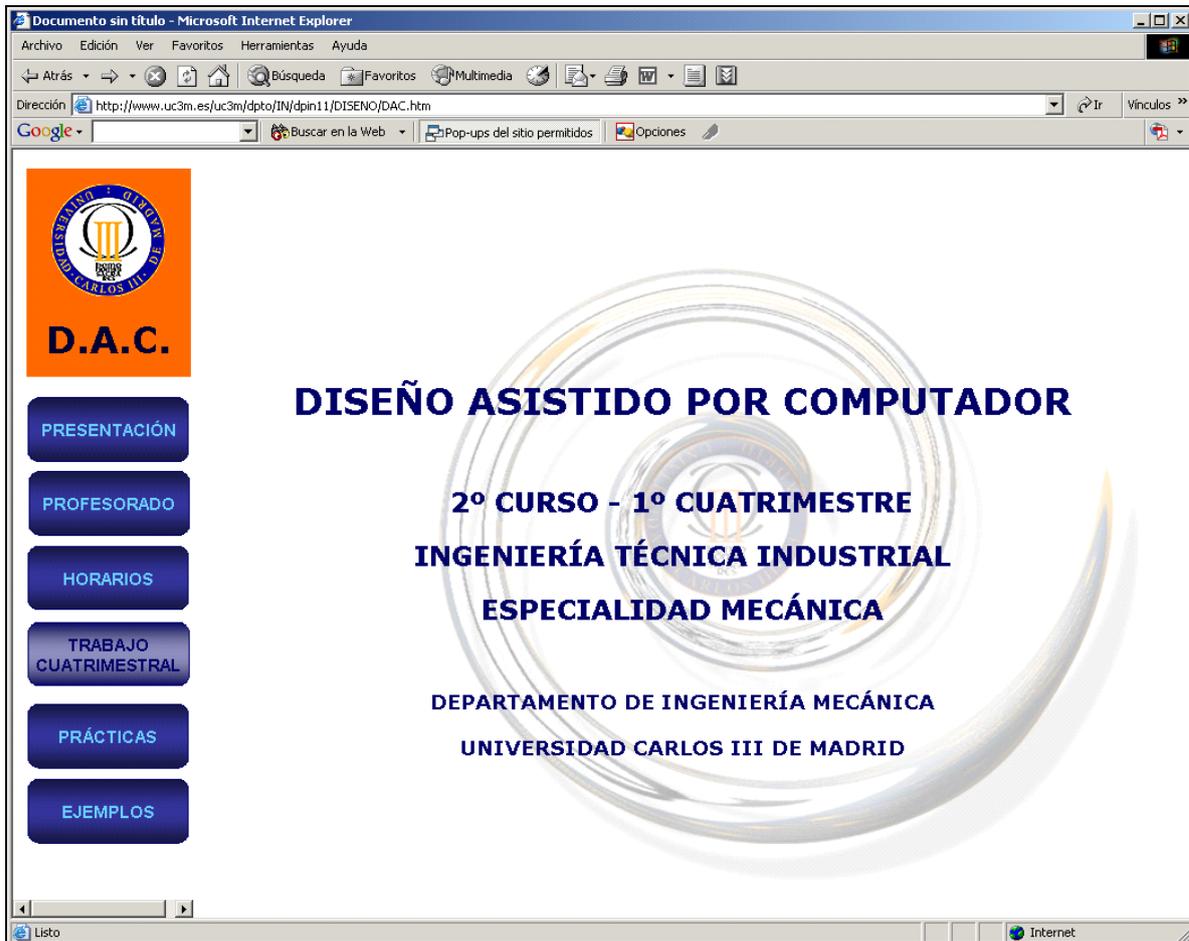


Figura 5: Pantalla de bienvenida a la página web de la asignatura, una de cuyas opciones, "trabajo cuatrimestral" recoge toda la información referente al trabajo cuatrimestral

A continuación se detallan las fases del trabajo:

Fase 1: Formación de grupos y selección del conjunto mecánico

Los alumnos se distribuyen entre ellos en grupos de cuatro personas. Cada grupo debe elegir un conjunto mecánico y presentarlo al profesor responsable de su grupo de teoría, con el fin de determinar si es apto o no para el trabajo en base a su grado de dificultad.

Fase 2: Modelado y documentación del conjunto mecánico

En esta fase el grupo debe desmontar el conjunto mecánico, tomar medidas con instrumentos de precisión y realizar los croquis acotados pertinentes, observando las cotas funcionales y de montaje.

Posteriormente se reparten las tareas de modelado de las piezas (generalmente cada pieza es modelada por un alumno diferente). Una vez modeladas las piezas, se procede al ensamblaje del conjunto, que supone una puesta en común del trabajo individual. En efecto, es a la hora del ensamblaje cuando suelen aflorar los errores cometidos en el modelado individual de las piezas. Corregidos los errores, se generan los planos de conjunto, de montaje y de despiece acotado.

Además, el grupo debe elegir una de las piezas de su conjunto para analizar su comportamiento mecánico por el método de los elementos finitos. Para ello, deberá buscar documentación acerca de las propiedades elásticas del material y las solicitaciones que actúan sobre la pieza en el funcionamiento del conjunto; realizará el modelado de la pieza en cuestión con la aplicación "Ansys" de elementos finitos, introduciendo los parámetros de cálculo, las propiedades mecánicas y las solicitaciones y obtendrá los resultados de tensiones y deformaciones.

Fase 3: Entrega del trabajo

En el plazo establecido (hacia el final del cuatrimestre), cada grupo debe entregar una memoria de su trabajo en papel que incluye, además de todos los planos generados, una introducción al funcionamiento del mecanismo, las simplificaciones adoptadas en el modelado del conjunto y los resultados del análisis por elementos finitos de la pieza (mapas tensionales, deformaciones...) indicando los puntos clave de la pieza y, si cabe, las posibles mejoras.

También se deben entregar en formato electrónico todos los ficheros generados: piezas, ensamblaje, planos, base de datos del análisis, texto de la memoria, incluso vídeos y fotos, si ha lugar.

Fase 4: Defensa en público

La presentación oral del trabajo era voluntaria y se realizó en el aula de grados del Edificio Padre Soler, los días 25 y 26 de enero de 2005. Para elaborar el calendario de ponencias, los grupos debían expresar su compromiso de presentación en un plazo dado.

Las presentaciones tenían una duración máxima de 10 minutos, más un turno de debate, en el que podían participar el resto de los alumnos y el tribunal, formado por los tres profesores de la asignatura.

Fase 5: Fase 5: Evaluación y puntuación del trabajo en la nota final

Los aspectos que se tuvieron en cuenta en la evaluación del trabajo fueron los siguientes:

- Realización: modelado de las piezas, ensamblaje adecuado del conjunto, ejecución correcta de los planos de acuerdo con la norma (expresividad en vistas, cortes, secciones, acotación apropiada, etc.), análisis por elementos finitos
- Presentación general de la memoria (orden, limpieza, etc.)
- Inclusión de información adicional (análisis de movimiento, fotos, vídeos, etc.)
- Grado de dificultad y nivel de detalle (de las piezas, del conjunto, de la acotación, de la pieza elegida para el análisis, de los parámetros de análisis por elementos finitos)

La nota final de la asignatura se determina (ver Figura 6) mediante la nota del examen obligatorio, 7 puntos como máximo (y en el que hay que obtener al menos el 30% en cada parte); la nota del trabajo obligatorio, hasta 2 puntos; y la nota de prácticas obligatorias, hasta 1 punto. La presentación oral del trabajo, que era optativa, ha sido incentivada con una puntuación extra de hasta 0.5 puntos.

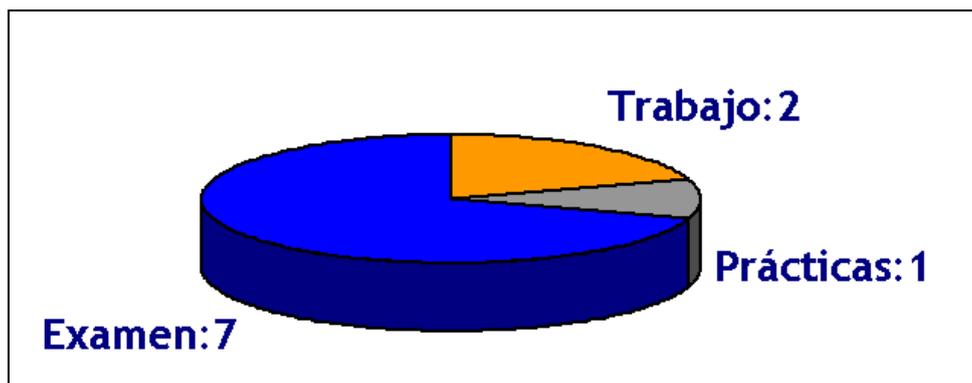


Figura 6: Distribución de los 10 puntos de la calificación final de la asignatura

2.3 Ejemplos de trabajos entregados

En las Figuras 7 a 10 se presenta una muestra de los conjuntos mecánicos modelados por los alumnos en la presente edición, que pueden dar una idea de la complejidad y grado de compromiso asumidos en general por el alumnado, en muchos casos muy por encima de las expectativas. En muchos casos los alumnos han profundizado, por sí mismos, en la utilización de herramientas que no se habían desarrollado en la clase teórica.

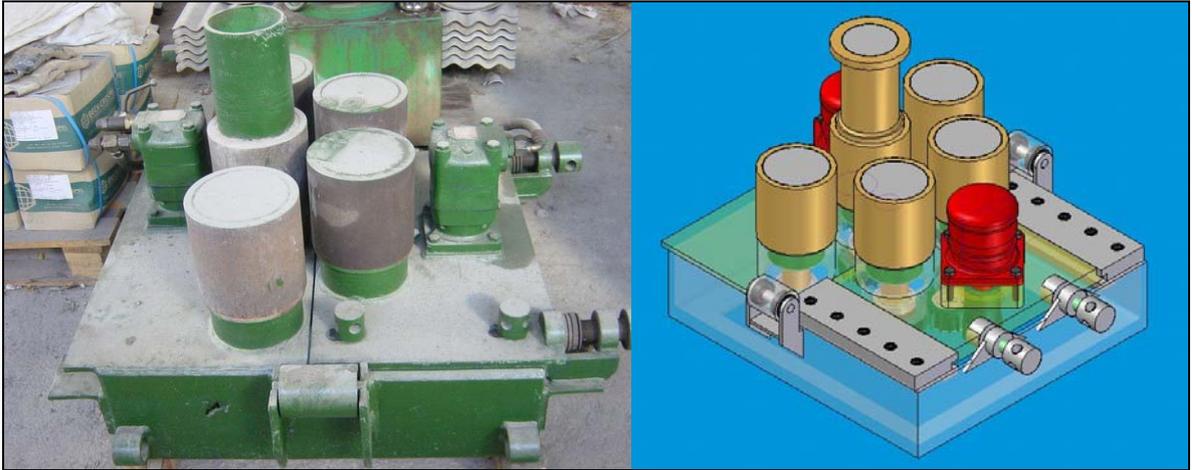


Figura 7: Impulsora de rodillos, por Llave García, Diego de la. 100 piezas (aprox) 49 de ellas diferentes

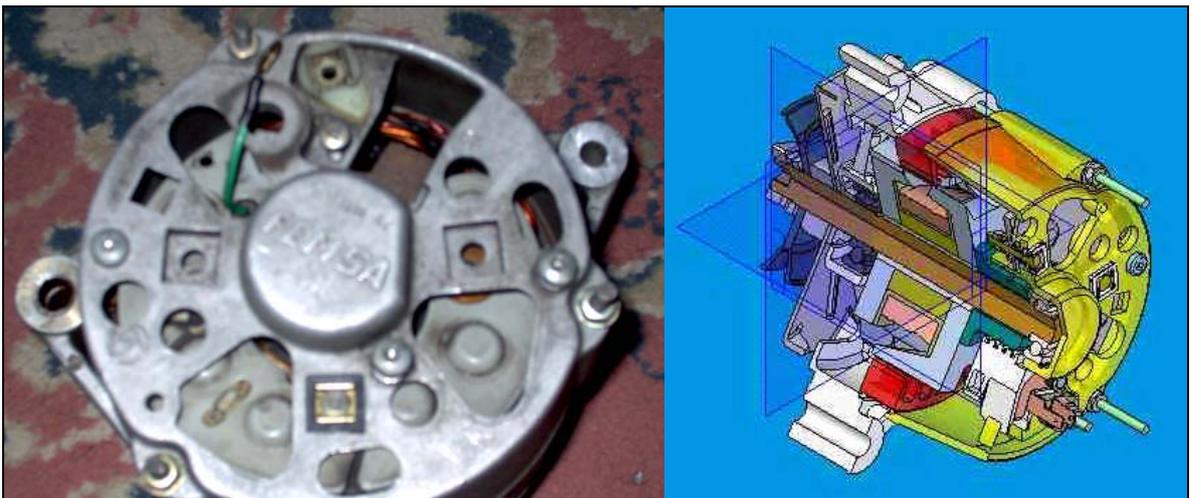


Figura 8: Alternador, por González Martínez, Abilio; Gutiérrez Muñoz, Carlos; Heras Barras, Carlos y Hernández Rodríguez, Jaime. 70 piezas (aprox), 44 de ellas diferentes

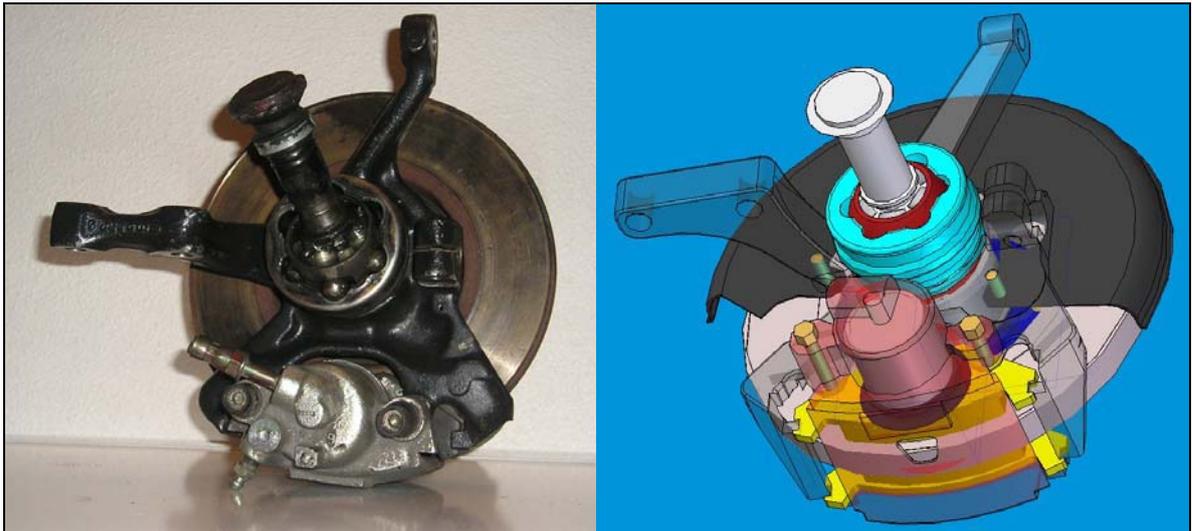


Figura 9: Freno de disco, por Martínez Fernández, Jesús; Rico Gómez, José Blas; Roldán García, Manuel y Romero Garrido, Alberto

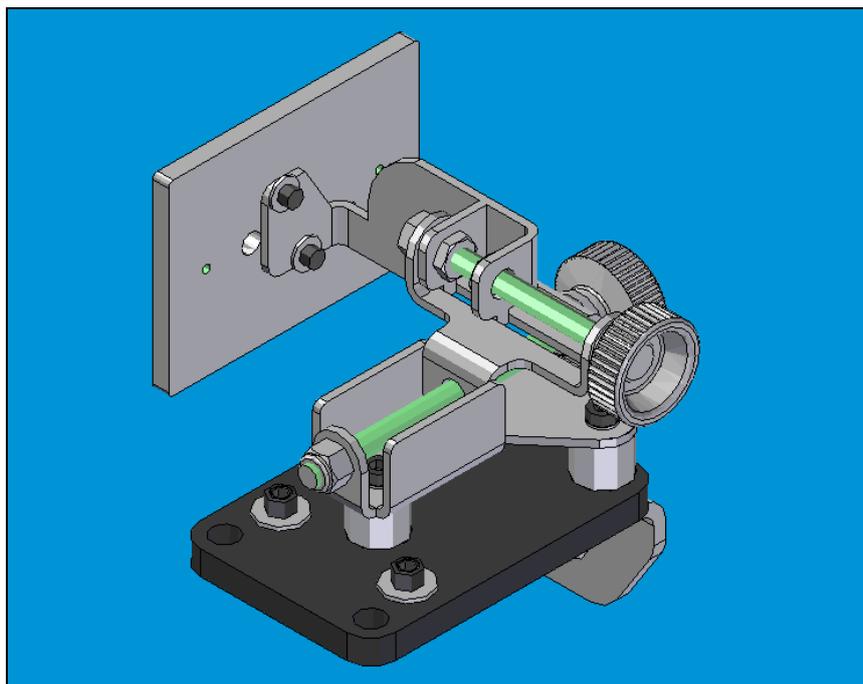


Figura 10: Acoplador, por Cid Montes, Rafael; Díaz-Tendero, Carlos; Egido Manso, José M. y Rioja Díez, Javier

3 RESULTADOS DE LA EXPERIENCIA

A la hora de abordar los resultados de la experiencia, se tendrán en cuenta dos aspectos: por un lado se realizará una comparación objetiva entre las notas de los alumnos este año y de los del año anterior, y por otro lado se presentarán las respuestas de los alumnos que han participado en esta experiencia a una encuesta diseñada por el profesorado.

3.1 Comparativa de calificaciones

En la Figura 11 se muestra una comparativa entre las calificaciones finales del curso anterior y de éste. A las notas de este año se les ha restado el medio punto opcional obtenido por la presentación oral del trabajo a fin de que la comparación resulte más fiable.

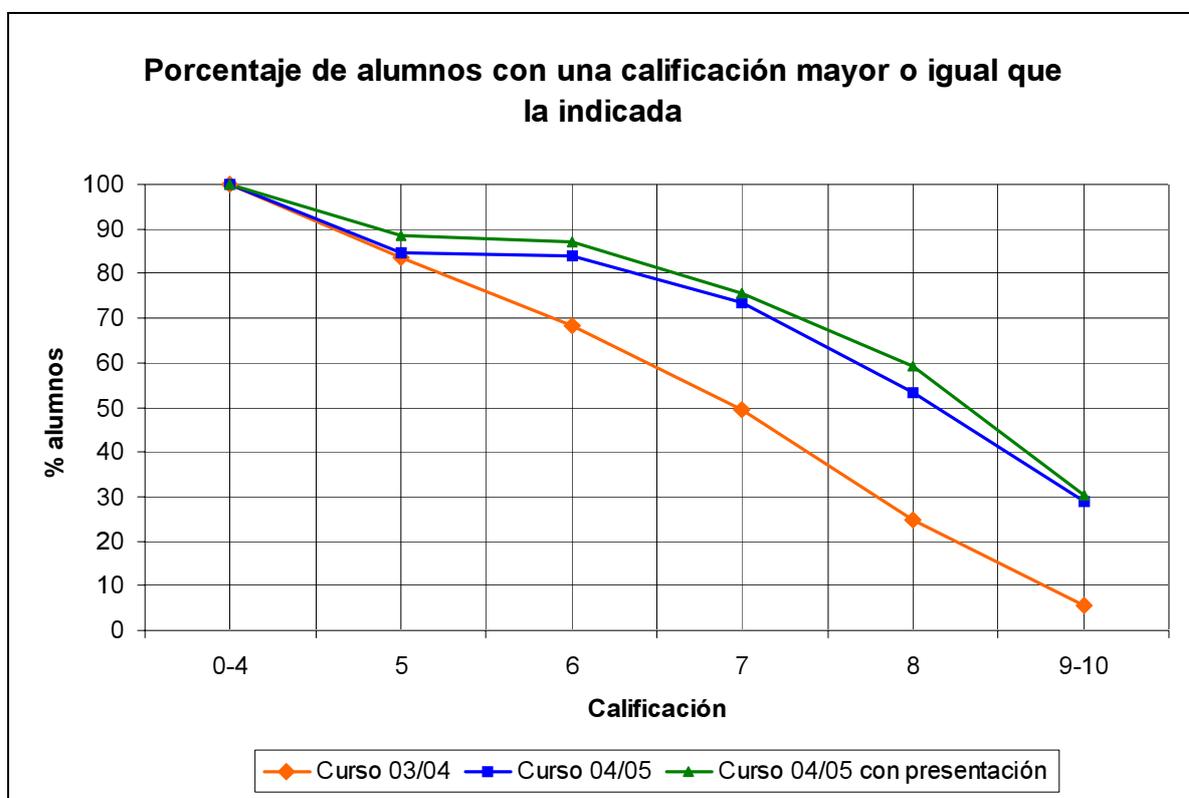


Figura 11: Comparativa entre las calificaciones de este año y el anterior, sin contar la puntuación extra por la presentación oral

Como puede apreciarse, alrededor de un 75% de los alumnos del curso 2004/2005 obtuvieron una calificación igual o superior a un 7, mientras que el año anterior este porcentaje era sólo de un 50%. Análogamente, algo más del 50% obtuvieron un 8 o más, frente al 25% del año pasado. Este último porcentaje es todavía mayor entre los alumnos que decidieron presentar oralmente su trabajo, de los cuales un 60% obtuvieron un notable o más.

La misma tendencia de las calificaciones puede verse en la Figura 12, donde se aprecia, además de esta tendencia al alza en las calificaciones especialmente notable entre los

alumnos que presentaron su trabajo, que el porcentaje de no presentados ha descendido con respecto al año anterior.

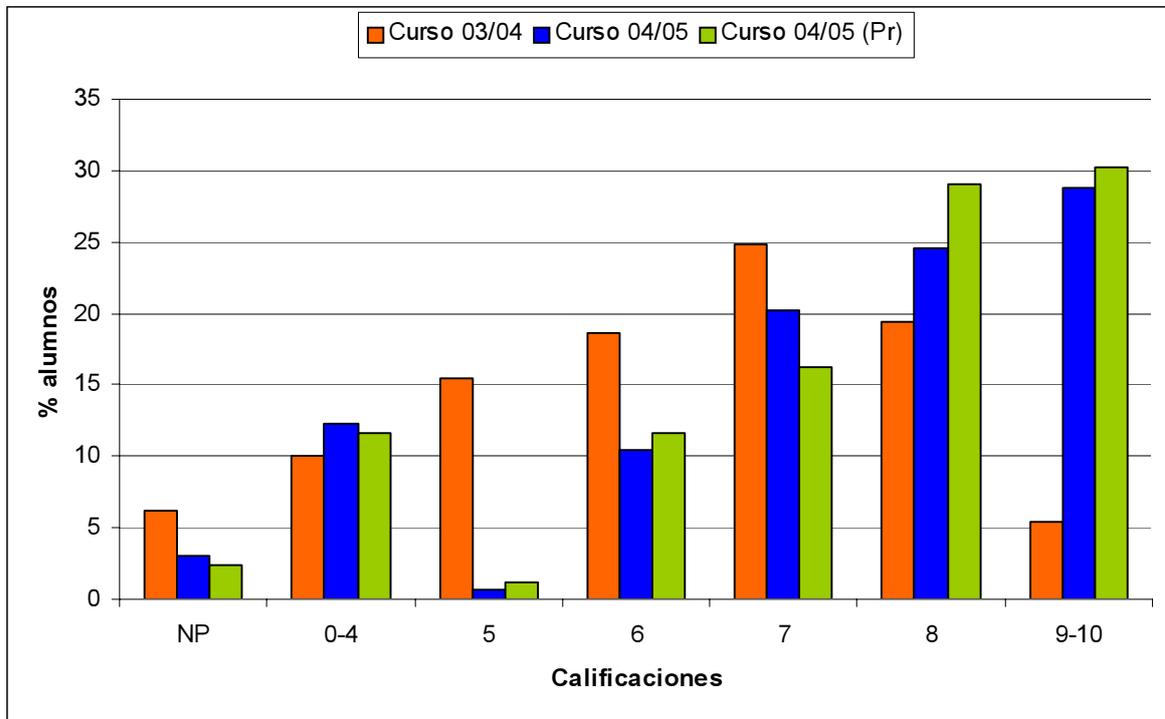


Figura 12: Porcentaje de alumnos que obtuvieron una calificación determinada en los cursos 2003/2004 y 2004/2005, diferenciando los que presentaron oralmente su trabajo

En la Tabla 2 puede observarse que la nota media se ha incrementado con respecto al curso anterior (aún sin considerar el medio punto obtenido por la presentación), especialmente para los alumnos que presentaron. Esta misma tendencia se manifiesta en las calificaciones de los trabajos.

Tabla 2: Comparativa entre las calificaciones medias de los alumnos

	Curso 03/04	Curso 04/05	Curso 04/05 (Presentación)
Nota media	6,83	7,7	7,8
Nota media del trabajo	1,72	1,78	1,80

3.2 Opiniones de los alumnos

Una vez terminado el proyecto de innovación, se pidió a los alumnos que contestaran una encuesta que intentaba recoger sus opiniones al respecto. En dicha encuesta, debían puntuar con números enteros entre 1 y 5 su grado de conformidad con diversas afirmaciones (1 muy en desacuerdo, 5 muy de acuerdo). Las respuestas medias obtenidas, así como su desviación típica y la moda de las respuestas, se muestran en la Tabla 3:

Tabla 3: Resultados de la encuesta realizada a los alumnos acerca del proyecto

	Media	Desv. Típ.	Moda
El trabajo de la asignatura me ha ayudado a desarrollar las habilidades de trabajo en equipo	3,24	1,24	3
El trabajo de la asignatura me ha ayudado a desarrollar las habilidades de defensa en público	3,79	0,40	3
El trabajo de la asignatura me ha ayudado a desarrollar las capacidades de investigación y aprendizaje autodidacta	3,82	0,89	4
El trabajo de la asignatura me ha ayudado a profundizar en el funcionamiento de un conjunto mecánico real	4,21	0,83	5
El trabajo de la asignatura me ha ayudado a profundizar en las herramientas informáticas empleadas	4,59	0,60	5
El trabajo de la asignatura me ha ayudado a desarrollar las capacidades de decisión y resolución de problemas	3,85	0,91	3
La realización del trabajo ha aumentado mi interés por la asignatura	4,32	0,72	5
Los contenidos del trabajo se corresponden con los de la asignatura	4,76	0,54	5
El apoyo prestado por el profesor/a ha sido suficiente para el desarrollo del trabajo	4,21	0,83	5
Los recursos disponibles han sido suficientes para el desarrollo del trabajo	3,65	1,08	4
El número de horas que he dedicado a la realización del trabajo ha sido: (1) Menos de 6; (2) De 6 a 12; (3) De 12 a 18; (4) De 18 a 24; (5) Más de 24	4,35	0,87	5
Creo que la realización del trabajo ha sido una experiencia	4,42	0,65	5

positiva			
Creo que la presentación del trabajo ha sido una experiencia positiva (sólo si has hecho presentación)	4,33	0,94	5
Me gustaría que se realizasen experiencias como ésta en otras asignaturas	3,97	0,87	4

Como se puede apreciar, la opinión de los alumnos sobre la experiencia es muy positiva en todos los aspectos.

Se les animó asimismo a que enviasen cualquier tipo de sugerencia u observación que considerasen pertinente.

A continuación se enumeran los aspectos positivos que han resaltado:

- Reinciden en su valoración positiva de la experiencia
- El trabajo les ha resultado ameno
- Les ha ayudado enormemente a preparar la asignatura
- Valoran la labor de los profesores en la iniciativa

Como aspectos negativos destacan:

- El trabajo tiene poco peso sobre la nota final
- Exige mucho tiempo
- Han encontrado problemas para trabajar en equipo

4 CONCLUSIONES

A la vista de los resultados obtenidos, pueden enunciarse las siguientes conclusiones:

- La valoración de la experiencia es muy positiva tanto por parte del profesorado como de los alumnos
- Se han alcanzado los objetivos propuestos de cara al alumno, a saber:
 - Enfrentar al alumno a un problema de diseño real
 - Fomentar el trabajo en grupo inculcando la importancia de un objetivo común
 - Profundizar en el aprendizaje de las herramientas propias de la asignatura de forma autodidacta
 - Familiarizar al alumno con las estrategias de trabajo propias de la empresa
- Se han alcanzado los objetivos propuestos de cara a la asignatura:

- Flexibilización del crédito y adaptación al ECTS basado en el trabajo del estudiante y en su proceso de aprendizaje
- Adaptación de procesos formativos y métodos docentes
- La calidad de los trabajos ha mejorado, especialmente entre los alumnos que lo han presentado
- La nota media de la asignatura se ha elevado considerablemente

Por todo ello, se prevé la continuidad de esta experiencia añadiendo algunas de las sugerencias recibidas, como la presencia de gente de empresa en las presentaciones orales de los trabajos.

5 AGRADECIMIENTOS

Al Área de Mejora de la Docencia y el Aprendizaje de la Universidad Carlos III de Madrid, por el apoyo prestado al proyecto.

A todos los alumnos que han participado en él, ya que su interés y su compromiso han hecho posibles los excelentes resultados obtenidos.