



II JORNADAS DE INNOVACIÓN DOCENTE, TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y DE LA COMUNICACIÓN E INVESTIGACIÓN EDUCATIVA EN LA UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA 2008

RESULTADOS DE UNA EXPERIENCIA DE INNOVACIÓN DOCENTE EN TERMODINÁMICA TÉCNICA E INGENIERÍA TÉRMICA.

Extensión posterior a otras materias y universidades del país.

M^a Carmen Velasco Callau

Profesora Titular,/ EUITIZ

Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial

Dpto. Ingeniería Mecánica

Ed. Betancourt. C./ M^a de Luna, s/n.

50018 Zaragoza

Amaya Martínez Gracia

Profesora Ayudante,/ EUITIZ

amaya@unizar.es

Tomás Gómez Martín

Profesor Ayudante,/ EUITIZ

tgomez@unizar.es

Javier Uche Marcuello

Contratado Doctor/CPS

juche@unizar.es

José Antonio Turégano Romero

Profesor Titular,/ CPS

jat@unizar.es

SÍNTESIS:

Se presentan los resultados de una experiencia de innovación docente en la que se viene trabajando desde hace más de dos décadas, en las asignaturas de Termodinámica Técnica e Ingeniería Térmica en las que se ha puesto en práctica una metodología docente constructivista basada en el aprendizaje significativo con resultados muy positivos: estudiantes que superan la asignatura en Junio en asistencia continuada a clase (en torno al 85% de los matriculados) e incremento del número de aprobados (hasta un 500%). Se incorpora un análisis sociológico de la extracción de los estudiantes que han participado en la misma en el último periodo.

Asimismo se presenta la extensión de dicho proyecto a lo largo de estos años, a otras materias en la universidad de Zaragoza, así como fuera de ella, con la incorporación de otras universidades a una propuesta de trabajo colaborativo a nivel de profesorado para producir y compartir materiales, metodologías y resultados en red con el desarrollo de

un sistema de distribución y retribución de documentos de diversos tipos manejados en la experiencia utilizando la plataforma Moodle como soporte. Se presentan los objetivos y el estado de desarrollo actual.

Palabras clave

Termodinámica, innovación docente, evaluación continua.

DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

Introducción

El grupo de Didáctica en Ingeniería Térmica de la Universidad de Zaragoza en el que hoy participan con mayor o menor implicación ocho profesores, inició su andadura hace casi 20 años, con su primera publicación (Turégano, Velasco; 1989). Del esfuerzo en este periodo dan fe las tesis leídas o en marcha, comunicaciones y artículos sobre la didáctica de la termodinámica ingenieril. Su propia evolución a lo largo de estos años le ha llevado desde un enfoque inicial de mejorar las clases tanto de prácticas introduciendo la simulación como las magistrales con apoyo de las TIC, a ensayar sucesivos enfoques para mejorar no sólo el entorno de enseñanza sino fundamentalmente el de aprendizaje siempre con el apoyo de sus propios desarrollos de herramientas informáticas adaptadas a la evolución tecnológica y como consecuencia de los sucesivos análisis críticos.

Los objetivos de la mejora se han centrado en corregir, fundamentalmente, aspectos por otra parte generalizados:

- **Clases con escasa o nula participación** pese a los esfuerzos por impulsarla y con una evolución decreciente de la asistencia así como el seguimiento y comprensión de la explicación decaía con el avance del curso. Las cifras contrastadas con otros grupos y asignaturas propedéuticas llegaban a suponer entre un 25 y un 35% de la matrícula.
- **Modelo de aprendizaje** centrado en la preparación intensiva de los exámenes reducida a unos días por examen y asignatura.

Como se ha apuntado, tanto la evolución a lo largo del curso como la estrategia de aprendizaje que recogen han sido recientemente confirmadas para otras asignaturas (Seminario sobre Innovación en EETT, organizado por el ICE de la U de Zaragoza

en 2006 y Encuesta sobre tiempo dedicado por asignaturas en 1^{er} curso, realizado en el Centro Politécnico Superior, curso 2005-06)

En esencia, los exámenes suponen una “oportunidad” para aprobar y como consecuencia el número de convocatorias por estudiante sube a 3 y 4, siendo la media en los exámenes inferior a cuatro puntos.

- **Aprendizaje memorístico** consecuencia del modelo de aprendizaje. Sin embargo este método, de gran eficacia a corto plazo pero con nulos efectos a medio plazo pues está enfocado directamente al examen, se refuerza con la propia experiencia de cada estudiante que considera que el esfuerzo puntual ha sido suficiente o “casi”. Como Novak (1998) analiza: el aprendizaje memorístico es efectivo a muy corto plazo: mucho contenido por y para muy poco tiempo.

El resultado es que el estudiantado prepara los exámenes de muchas asignaturas propedéuticas basándose en analogías y no en un aprendizaje significativo:

- A corto plazo le es rentable.
- Sin embargo el déficit aparece cuando pasados unos meses apenas recuerde nada de lo estudiado, consolidando su debilidad cara al futuro aprendizaje que deberá apoyarse en estas enseñanzas básicas.

En definitiva, el fallo fundamental es metodológico pero también estructural por cuanto no existe una actuación institucional dirigida a combatir la situación. Podría pensarse que esta fuese una tarea específica de los Dtos. de Didáctica o de los ICES. Pero, en general, unos y otros desarrollan una labor centrada en sus líneas de investigación y los equipos directivos universitarios hasta ahora no habían hecho más que pequeños intentos por cambiar la realidad, ya que:

- El profesorado se consideraba, y se considera, autosuficiente
- El estudiantado ya es “adulto” y es su responsabilidad organizarse bien el trabajo

Pero es necesario no perder de vista que

- La enseñanza exige, como todo, de una preparación específica, ahora apoyada en mayor o menor medida por la actividad de algunos ICES. No vale el: si sabe ...sabrà enseñarlo que sigue rigiendo en la contratación de profesorado.

- Que cada materia tiene una forma específica de ataque para la que hay que crear su entorno de enseñanza y potenciar el correspondiente de aprendizaje. La ausencia de esfuerzo en esta dirección se suma a la inexistencia de adecuada metodología de trabajo entre los estudiantes que llegan a nuestras aulas.
- Y que el profesorado tiene como responsabilidad obtener el máximo de sus estudiantes y no puede aceptar situaciones tan lamentables como las que registran muchas enseñanzas técnicas.

Quizás por esa razón parece que las formaciones técnicas están haciendo un considerable esfuerzo por cubrir las lagunas anteriores, apoyadas en el nuevo espíritu de Bolonia que, al menos en esto, resulta positivo.

Para conseguir un cambio no podemos ignorar que no todos los estudiantes encajan en este modelo negativo de aprendizaje. Si analizamos una curva típica de resultados construida a partir de la gaussiana que se ajusta a los valores discretos podemos clasificar dos poblaciones en los extremos: la A configura el porcentaje que por suma de factores negativos, en especial la mala formación previa, es muy difícilmente recuperable. La B refleja la situación contraria: aquellos estudiantes que, en palabras del Nobel Feynmann (1975) al comentar una experiencia docente en Caltech, son capaces de aprender por sí mismos sin necesidad del estímulo y guía del profesorado.

Sin embargo, la mayor parte del total (en torno al 75%) puede beneficiarse, como muestran los resultados actuales, de una actuación didáctica más apropiada que la que veíamos ejerciendo en los años 80.

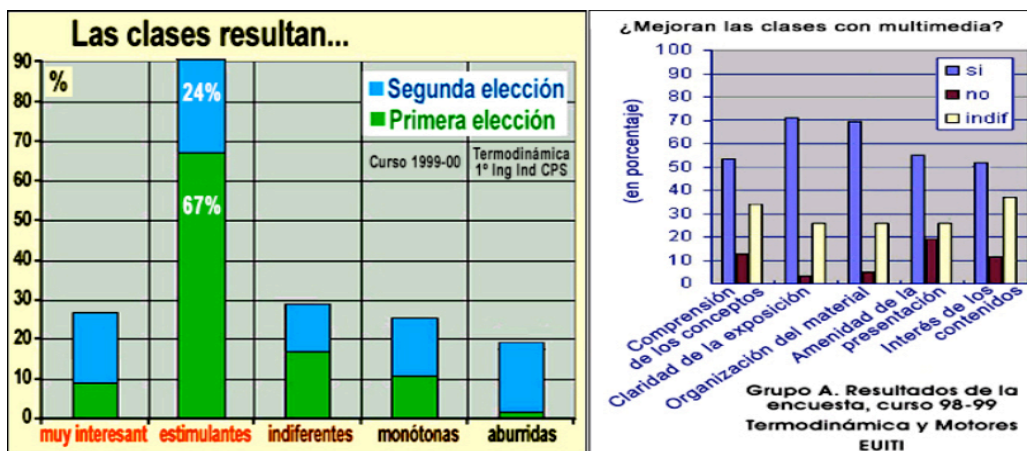


Fig. 1 Resultados de encuesta realizada en diferentes cursos previos a la etapa actual

Por nuestra parte ¿hemos conseguido combatir las causas eficazmente?

Al respecto, lo más significativo del esfuerzo innovador a lo largo de casi dos décadas ha sido el **escaso efecto** de un trabajo continuado en la preparación de materiales que, sin embargo, han recibido una muy buena evaluación como recoge la fig.1, materiales que, por otra parte, habían sido realizados ajustándonos a los criterios de diseño multimedia en un marco constructivista (Driscoll, 1994):

- Nivel de complejidad suficiente para incorporar auténtica actividad
- Yuxtaposición de contenidos con acceso a múltiples modos de representación (materiales diversos que refuerzan la comprensión de los conceptos con variados enfoques y técnicas)
- Estímulo de la percepción del propio pensamiento (frente a la repetición memorística de lo percibido en clases magistrales)
- Énfasis en el protagonismo del/la estudiante (la clase se convierte en un espacio dinámico donde l@s estudiantes deben reflejar su percepción)

Sin embargo, fig. 2, la situación actual se ha modificado notablemente como reflejan los resultados de los tres últimos cursos, tanto en asistencia como en participación y resultados. Esto ha sido posible al introducir, mediante la correspondiente transformación de materiales creados previamente, herramientas de productividad que permiten

- una alta rentabilidad del esfuerzo de los estudiantes en el trabajo sistemático que supone la evaluación continua
- una reducido tiempo de preparación y corrección del trabajo continuo.

EL CONTEXTO ACADÉMICO DE LAS ENSEÑANZAS

La experiencia comentada de innovación se está llevando a cabo en diferentes asignaturas y en diferentes centros. La materias que están involucradas desde hace más tiempo y cuyos resultados se presentan en este trabajo son Termodinámica Técnica e Ingeniería Térmica.

Ingeniería Térmica

La Ingeniería Térmica es una asignatura troncal de 10.5 créditos, anual, de segundo curso del plan de estudios de Ingeniería Técnica Industrial, especialidad Mecánica.



Fig. 2 Comparación en asistencia a clase (a) y resultados en las distintas etapas del proceso (b)

El número de alumnos oscila entre los 250 y 300 cada año y están distribuidos en tres grupos de docencia.

Las actividades realizadas por cada estudiante dentro de la asignatura son variadas. Las clases teóricas (75 horas) y las clases prácticas (15 horas de laboratorio y 15 de horas de prácticas de ordenador) completan el total de horas de la asignatura, pero se realizan además otras actividades vinculadas a la evaluación continua, que no están formalmente contabilizadas en la carga docente de la asignatura.

En concreto se realizan 6 prácticas informáticas, 7 prácticas de laboratorio, aproximadamente 60 Multiejercicios (problemas con múltiples datos variantes dotados de aleatoriedad para su asignación a los estudiantes) distribuidos en 10 entregas y varias reuniones con los grupos de trabajo, caso de alguna experiencia, a lo largo del curso académico.

Termodinámica y Termodinámica Técnica

Esta asignatura es una asignatura troncal de 6 créditos, cuatrimestral, resultante de combinar las dos del título y que está incluida en el primer curso del plan de estudios de Ingeniería Industrial.

Otras asignaturas

Como consecuencia de las iniciativas transversales de colaboración entre profesores de diversas áreas, dentro de los proyectos de innovación de la Universidad de Zaragoza,

esta metodología está siendo aplicada también en otras asignaturas tales como Electrónica (CPS) y Estadística (CPS)

CARACTERIZACIÓN DEL ESTUDIANTADO

Ingeniería Térmica es la asignatura que está participando en este proyecto con un mayor número de estudiantes. En lo que sigue se va a tratar de analizar de forma detallada el perfil de los mismos.

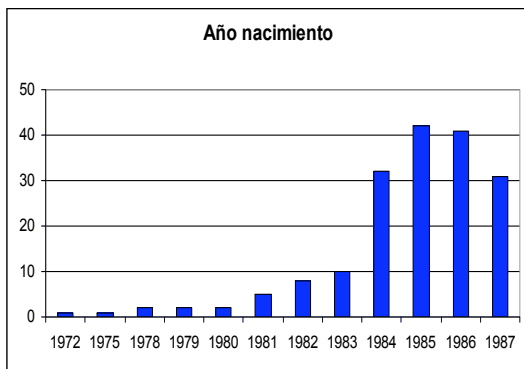


Figura 3
Año de nacimiento de los estudiantes

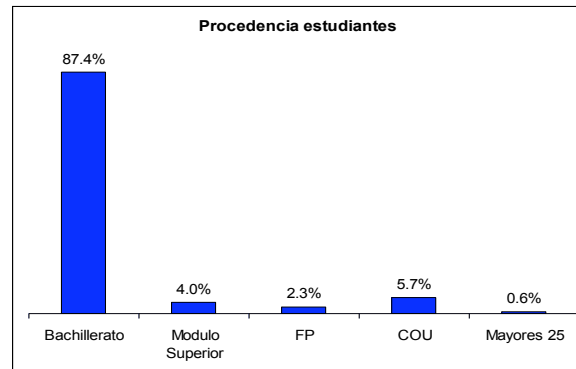


Figura 4
Porcentaje estudiantes según procedencia

Durante el curso 2006/07, para los estudiantes en segundo curso el año de nacimiento teórico debería ser 1987 (19 años de edad). Como puede verse en la Fig. 3 sólo el 17,5% correspondían a este perfil, mientras que los estudiantes de 20 a 22 años sumaban el 65% del total. Se trata principalmente estudiantes que han realizado su formación previa en el Bachillerato, con una pequeña representación de acceso a través de COU, FP, Módulo Superior o el examen de acceso a la Universidad para mayores de 25 años.

En la Figura 5 se indica la nota de acceso a la universidad de los estudiantes que cursaron Bachillerato. Más de la mitad accedieron con una nota entre 6 y 7.

Otro aspecto que consideramos relevante analizar es en qué momento académico se encuentran los estudiantes matriculados en Ingeniería Térmica. Aunque es una asignatura de segundo curso, es habitual que los alumnos opten por no matricularse en ella durante su segundo año en la EUITIZ, sino que realicen su matrícula según los créditos superados en el año anterior y valorando la carga de cada una de las materias. En concreto, Figura 6, la media de créditos superados de los estudiantes cursando la asignatura

en el curso 2006/07 era de 101 créditos. Dado que el primer curso de la titulación consta de 72 créditos (de los 236 créditos totales), se puede concluir que un número representativo de los estudiantes no se matricula en esta asignatura hasta su tercer año de estudios en el centro, o bien está realizando segunda o posterior matrícula.

Esto supone un proceso de alargamiento del periodo académico que es poco satisfactorio y que aunque se produce un fenómeno similar en otras materias, en Ingeniería Térmica estaba, probablemente, algo acentuado.

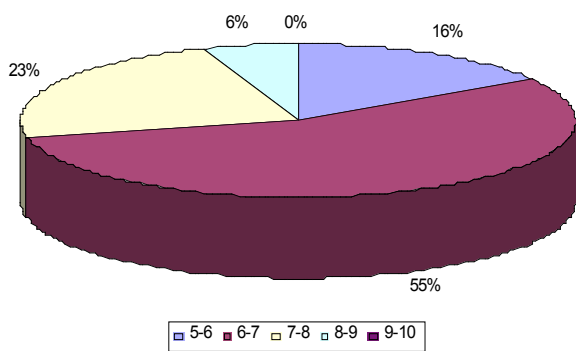


Figura 5
Nota acceso a la Universidad

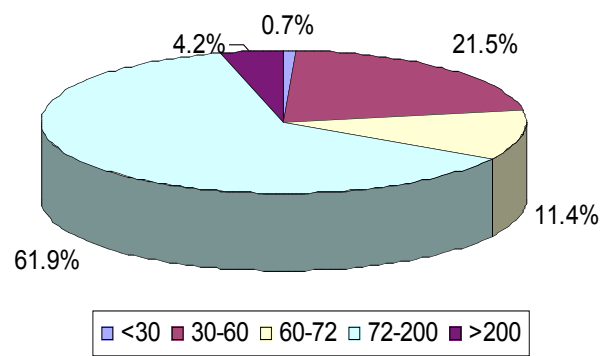


Figura 6
Créditos superados por los estudiantes matriculados en IT

Como se ha señalado, la situación está poco a poco modificándose a partir de la introducción de la evaluación continua, presentándose algunos efectos en paralelo, evidentes en este curso, que todavía no han sido analizados.

En la Figura 7 se muestra la situación en cuanto al número de matrículas realizadas por los estudiantes en la asignatura en el curso 06-07. En ella se observa que el 62% de los estudiantes estaba en su primera matrícula en la asignatura mientras que alrededor del 16% se habían matriculado tres o más veces. Y eso era así aún teniendo en cuenta que los resultados de los últimos años han modificado significativamente la tendencia previa existente.

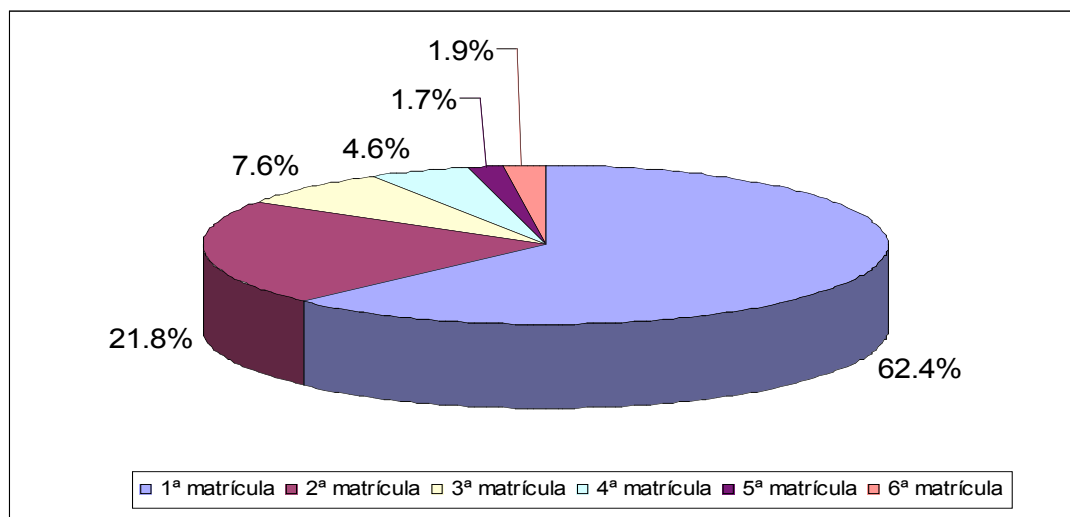


Figura 7
Número de matrículas consumidas hasta el pase de la asignatura

RESULTADOS TRAS INTRODUCIR LA EVALUACIÓN CONTINUA

Los resultados son similares en ambos centros pero, por sus aspectos singulares, merece destacarse la experiencia en la EUITI, 2º curso. En un primer año de la experiencia se trabajó con un grupo de control con la misma profesora que el grupo de la experiencia, disponiendo de los mismos materiales y con la única diferencia del modelo de aprendizaje.

Por su propia decisión el grupo no siguió el trabajo continuo. Este curso es el central de los tres que componen el grado, por lo que se da una dispersión natural que hace, en este primer año, que exista un grupo de estudiantes inmersos en asignaturas de los tres cursos y con dificultades para asistencia a clase. Esta diferencia tiene un efecto pernicioso que reduce el nº eficaz de estudiantes con opción de asistir a clase en relación con la matrícula total. Esto debe tenerse en cuenta al interpretar la tasa de seguimiento en el curso 04-05.

En el segundo año de la experiencia, que supone una buena referencia al estar más rodado el proceso, puede señalarse que, en torno al 15% de la matrícula (180 estudiantes en dos grupos) no acude a clase desde el primer momento y no sigue, por tanto el modelo de aprendizaje. De esa matrícula equivalente (85% de 180 estudiantes) está siguiendo el curso de manera estable en torno a los 125-130 estudiantes que representa alrededor del 80 % de ese nº eficaz (150 estudiantes). El resto hasta los 150 acude a

clase de modo aleatorio, hace las prácticas, entrega los guiones y piensa seguir el procedimiento de evaluación convencional.

Los diferentes resultados se presentan en la tabla 1. Las celdas coloreadas de azul describen en mayor detalle el curso 2004-2005 por el elemento de contraste descrito antes. En este curso de un total de 79 estudiantes que se examinaron en uno u otro de los modos de evaluación, los que siguieron el modelo tradicional de aprendizaje dan lugar a resultados equivalentes a los de cursos precedentes. Sin embargo, los que se incorporaron al modelo de aprendizaje estimulado por la evaluación continua presentaron resultados significativamente diferentes en la línea de lo obtenido en el CPS o, aún más significativo, de lo que el primer cuatrimestre refleja (fig. 8). Como en la experiencia en el CPS, los aptos en la primera convocatoria son prácticamente todos los que han seguido el sistema de trabajo de evaluación continua.

	Nº estudiantes matriculados	Nº estudiantes examinados	% examinados/ matriculados	% aprobados/ examinados	
2001-02	135 estud.	64 estud	47 %	44 %	
2002-03	155 estud	71 estud	46 %	52 %	
2003-04	165 estud	75 estud	45 %	52 %	
2004-05	164 estud	95 estud	58 %	79 % (75 estud.)	Ambos grupos
				100% (52 estud.)	Gr. Ev.C.
				53% (23 estud.)	Gr. Control
2005-06	158 estud	136 estud	86 %	94 %	

Tabla 1. Resultados combinados en dos grupos impartidos por la misma persona.

Los resultados obtenidos nos dan una gratificante compensación de la frustración reiterada en los primeros quince años de esfuerzos en los que obteníamos los magros resultados indicados. Ello no elimina ni el permanente sentido crítico sobre aspectos de nuestra experiencia que debemos desarrollar, mejorar o dar alternativas ni la convicción de que, si es como parece, debemos conseguir extenderlo.

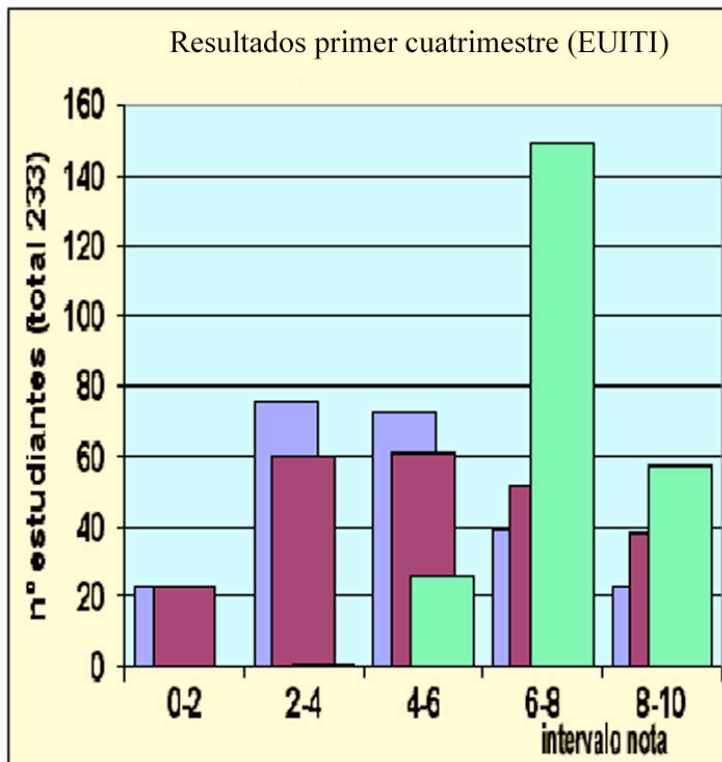


Fig. 8. Resultados primer cuatrimestre (tres grupos en EUITI)

El objetivo, que era contrastar hasta qué punto los buenos resultados podían o no estar condicionados por la forma algo distinta de hacer el examen utilizando para su realización el mismo programa con el que trabajan durante el curso, quedó claramente satisfecho a la vista de los resultados.

El peso de los multiejercicios en la nota final es de un 50%, con nota excluyente en los exámenes convencionales. El peso de los multiejercicios se señala en la figura 9 que muestra la diferencia en la nota media de los MEj 1P y 2P. Esta diferencia se debe a que la complejidad de la materia va en aumento. Es una nueva constatación de que el método de evaluación continua es muy apropiado.

Los resultados globales finales del último curso, 06-07, con dos profesoras y tres grupos, se detallan en la siguiente tabla. Realizaron la evaluación continua casi el 84% de los estudiantes. Finalmente superaron la asignatura el 72% de los matriculados, confirmando la tendencia de los años anteriores. De éstos, únicamente tres estudiantes no habían realizado la evaluación continua.

Estudiantes matriculados	Ev cont (MEj)	Aprobados	Suspensos	Suspensos (NO Mej)	NP
--------------------------	---------------	-----------	-----------	--------------------	----

285	238	205	18	5	57
	83.51%	71.93%	6.32%	1.75%	20%

Tabla 2. Resultados curso 2006-07 con dos profesoras y tres grupos

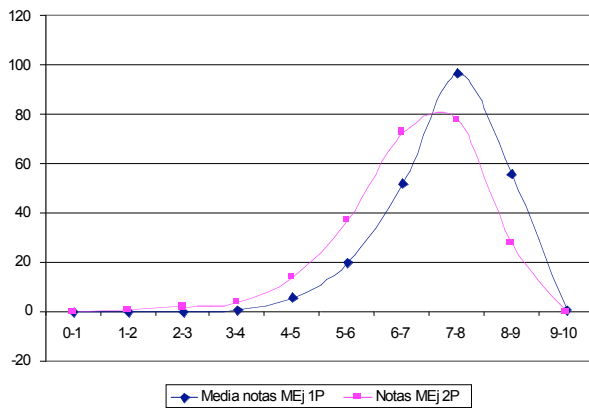


Figura 9
Comparativa nota media MEj 1P y 2P

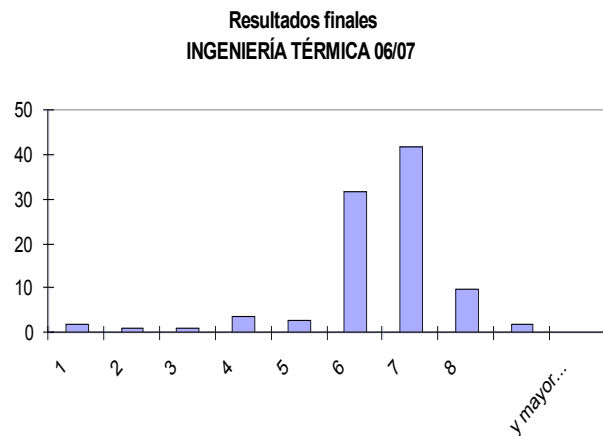


Figura 10
Resultados finales para uno de los grupos, incluidas prácticas y MEj.

ANÁLISIS Y EXTENSIÓN DE LA EXPERIENCIA

La importante dedicación requerida para superar la asignatura (clases teóricas, prácticas y actividades complementarias) que difiere claramente de lo que es habitual en nuestros estudiantes, constituye la principal dificultad manifestada por ellos. Un alto porcentaje afirma que el método les ayuda en gran medida a comprender y estudiar la asignatura, con lo que están conformes y satisfechos con la metodología seguida, pero alegan que la exigencia de tiempo es excesiva.

Hemos analizado estas afirmaciones y concluimos entre otras cosas que es fundamental la participación activa de los estudiantes durante las clases teóricas. Dadas las actuales circunstancias de grupos con 80-90 estudiantes (la asistencia a clase es próxima al 87%) la interacción y clase participativa es complicada para el profesorado, pero básica para el buen desarrollo de esta metodología. A pesar del esfuerzo realizado en esa dirección, los estudiantes arrastran unos hábitos de pasividad difíciles de erradicar y que provocan un bajo rendimiento en el aprovechamiento del tiempo de clase, dificultado por ese alto número de estudiantes en las mismas.

En cuanto a otras materias, se ha participado en varios proyectos que han incorporado materias del área de Electrónica, Matemáticas, Análisis Económico y Estadística e In-

investigación Operativa. Dichos grupos, bien por ser de asignaturas de primer curso (caso de la Termodinámica y Termodinámica Técnica), bien porque son materias con muy pocos estudiantes, no presentan esta problemática.

Puede destacarse que gracias a las propias iniciativas del grupo, se ha presentado la experiencia en foros como el presente, se han desarrollado seminarios de formación en varias universidades con asistencia de profesores de estas materias lo que ha llevado a la creación de un espacio de intercambio de materiales y la incorporación a esta metodología de trabajo de algunos de ellos, que actualmente se encuentran en distintas fases de implantación de la misma.

CONCLUSIONES

La importante dedicación requerida por parte del profesorado, para supervisar y evaluar el trabajo de los estudiantes (prácticas, ejercicios, exámenes y actividades complementarias) hace que la experiencia se pueda extender si se cumplen una serie de requisitos que reduzcan la presión sobre el profesorado que la asuma:

- Aumento de profesorado para las mismas tareas.
- Creación de herramientas de productividad para el profesorado que también debe incluir al estudiantado.
- Apoyo institucional para difusión de la experiencia mediante seminarios.

El primer punto se ve apoyado por la reducción de matrícula que supone el propio método, el segundo ya se ha conseguido gracias al trabajo realizado por el grupo desarrollando herramientas de evaluación continua utilizables en cualquier contexto y con herramientas de curso ya existentes. Del tercer punto, entendemos que aun con tímidos intentos en esa línea, sigue siendo escaso el apoyo institucional y el reconocimiento de este tipo de trabajo de investigación por parte de la comunidad universitaria en todos sus niveles.

A pesar de todo ello, los satisfactorios resultados obtenidos, como queda recogido en esta presentación, nos hace concluir que es preciso seguir haciendo esfuerzos tanto para extender la experiencia en lo posible, como para seguir profundizando y mejorando en esta dirección.

Referencias

1. Ballester A. (2005) *El aprendizaje significativo en la práctica*. Ed. digital gratuita: www.aprendizajesignificativo.com/mats/El_aprendizaje_significativo_en_la_practica.pdf
2. CRE (1996). *Restructuring the University*. Universities and the challenge of New Technologies. Report Sócrates. The Association of European Universities.
3. Feynman, R., Leighton R. y Sands, M (1966) *Feynman Lectures on Physics*, 2ª edic., Prólogo. Addison & Wesley. New York.
4. Novak, J. D. (1998). *Conocimiento y Aprendizaje*. 1988. Alianza Editorial, Madrid.
5. Turégano, J.A., Velasco, M. C. (1989), Proyecto VIDA: Bases Interactivas de Datos de Asignaturas. En *Congreso sobre Informática Educativa*, UNED (edición digital), Barbastro, España.
6. Turégano, J.A., Cózar, J. M., Velasco, M. C., Sarsa, J., Ayuda, L. (1995) Didactic Tools for Use in a Basic Course of Thermodynamics. **ASME–AES, Vol. 35**, pp. 111–118, 1995.
7. Velasco, M.C., Turégano, J.A., Cozar, J.M. & Hernández, M.A. (1998) *La motivación en la clase de Termodinámica y el Cambio de Modelo de Enseñanza en Ingeniería*. Actas del V Congreso sobre Innovación Educativa en la Enseñanza de la Ingeniería. Las Palmas, 1998.
8. Turégano, J. A., C Velasco, Alastruey J. (2001a). *A multimedia Courseware in Engineering Thermodynamics with GAME*. Proceedings of the 2001 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition. Albuquerque, 2001.
9. Turégano, J. A., Velasco, C. y Gómez, T. (2001b). *Termografía didactic tool for the teaching and learning of Engineering Thermodynamics*. Proceedings of the 2001 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition. Albuquerque, 2001.
10. Turégano, J. A., Velasco, C. y Gómez, T. Martínez, A. y Díaz de Garaio, S. *Termodinámica en la red: proyecto abierto de materiales y evaluación. 1. Antecedentes y contenido de la propuesta. 2. Descripción de materiales base de la propuesta. 3. Propuesta de evaluación continua y opción evaluación “on line”*. III Jornadas de Ingeniería Termodinámica. Vigo. 2007.