



MODELOS FLEXIBLES DE FORMACIÓN: UNA RESPUESTA A LAS NECESIDADES ACTUALES

LA MECÁNICA DE FLUIDOS EN LOS GRADOS EES DE INGENIERÍA

El Reto de Provocar la Motivación, Conseguir la Satisfacción y Elevar el Nivel de Aprendizaje de la Mecánica de Fluidos

- Gamez-Montero, P.J.¹
pjgm@mf.upc.edu
- Raush, G.¹
gustavo.raush@upc.edu
- Domenech, L.¹
luis.miguel.domench@upc.edu
- Castilla, R.¹
castilla@mf.upc.edu
- Garcia-Vilchez, M.¹
mercedes.garcia-vilchez@upc.edu
- Moreno, H.¹
hmoreno@mf.upc.edu
- Carbó, A.¹
albert.carbo@mf.upc.edu

(1) Universitat Politècnica de Catalunya
Departamento de Mecánica de Fluidos Campus Terrassa
Calle Colom Núm 11 08222 Terrassa España



MODELOS FLEXIBLES DE FORMACIÓN: UNA RESPUESTA A LAS NECESIDADES ACTUALES

1. **RESUMEN:** ‘Mecánica’ y ‘Fluidos’ son conceptos familiares para todo estudiante de Ingeniería al matricularse por primera vez. Sin embargo, ‘Mecánica de Fluidos’ la convierten en la gran desconocida. En el presente artículo se muestra el proceso de adaptación realizado por la asignatura Mecánica de Fluidos en la Ingeniería de Grado, junto con la metodología docente, herramientas didácticas y resultados obtenidos evaluando el objetivo final de satisfacción y nivel de aprendizaje de nuestros/as alumnos/as.
2. **ABSTRACT:** ‘Mechanics’ and ‘Fluids’ are two concepts that Engineering students are familiar with when they enroll in university for the first time. Nevertheless, when the two words get joined together as ‘Fluid Mechanics, it turns out to be a great unknown discipline. The work presented in this paper shows the adaptation progress carried out in the Fluid Mechanic course in the bachelor’s degree in Engineering, together with the methodology and pedagogical strategies on learning employed and the results obtained. The final objective is to assess the motivational and learning impact on our students.
3. **PALABRAS CLAVE :** Mecánica de Fluidos, ingeniería, grados, aprendizaje, cuestionario virtual / **KEYWORDS:** Fluid Mechanics, engineering, bachelor, learning, virtual questionnaire,
4. **DESARROLLO:**

a) **Objetivo**

El objetivo del trabajo presentado es evaluar cualitativa y cuantitativamente los niveles de motivación y aprendizaje de los estudiantes de Mecánica de Fluidos basados en nuestro método pedagógico que utiliza un número variado y diverso de herramientas, así como su efectividad. El objetivo final es una mejora general en la calidad de la docencia, aumentar el nivel de aprendizaje, resultados académicos y satisfacción del alumnado al cursar Mecánica de Fluidos.



MODELOS FLEXIBLES DE FORMACIÓN: UNA RESPUESTA A LAS NECESIDADES ACTUALES

b) Descripción del trabajo

EL MARCO DE LA INGENIERÍA

El Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) ha entrañado cambios importantes en nuestro sistema educativo universitario y por ende en las Ingenierías. A pesar de artículos como el de Mills and Treagust (Mills 2003) que muestran el cambio necesario en la metodología pedagógica desde el binomio enseñar-profesor a aprender-alumno, la Ingeniería sigue pecando del primero a pesar de ser una disciplina que permite multitud de herramientas para el aprendizaje.

El entorno también juega un papel importante en el sistema educativo universitario, en el que proporcionar a las personas unos conocimientos con una estructura fundamentalmente teórica, no favorece el desarrollo de capacidades y habilidades prácticas tan necesarias en el mundo laboral. La Ingeniería está basada en la resolución de problemas como inherente al ingeniero/a.

LA MATERIA

Como describe Gad-el-Hak (Gad-el-Hak 1998), el arte de los fluidos en movimiento nació de forma empírica y sin una idea clara de qué era fluido y qué era mecánica, pero experimentando, por ejemplo, la diferencia de la acción del viento en un cuerpo estilizado y un cuerpo romo. Sin embargo, a nivel de la Ingeniería, aún se muestra como la gran desconocida a pesar de su función, rigor y transversalidad.

EL PROFESOR

El proceso de enseñanza-aprendizaje de Mecánica de Fluidos se ha caracterizado por resultar difícil y poco interesante para muchos estudiantes de Ingeniería. Experiencias muy interesantes se presentan para abordarla, como la basada en proyectos (Barrio 2010).

El profesor/a debe contemplar en su metodología docente la posible falta de interés y participación de los estudiantes durante las clases y la dificultad de comprensión de



MODELOS FLEXIBLES DE FORMACIÓN: UNA RESPUESTA A LAS NECESIDADES ACTUALES

conceptos, la expresión oral y escrita. También se debe asumir que pueda suceder que las estrategias didácticas del docente no corresponden en la mayoría de casos con los estilos de aprender del estudiante por lo que no se propicia un clima de motivación y asimilación favorable al proceso de enseñanza-aprendizaje: aprender no es enseñar, se debe enseñar a aprender.

Una referencia es el modelo de Kolb (Kolb 1984) que clasifica los estilos de aprendizaje del estudiante en cuatro categorías en función de cómo éste procesa la información recibida:

- *Actuar* con alumno *activo*: aprende de una experiencia directa y concreta, poniendo en práctica los conceptos en situaciones nuevas
- *Reflexionar* con alumno *reflexivo*: aprende de observación reflexiva y pensando sobre las experiencias recibidas.
- *Teorizar* con alumno *teórico*: aprende de conceptualización abstracta, que es la que se tiene cuando se lee o se lo explican
- *Experimentar* con alumno *pragmático*: aprende experimentando de forma activa con la información recibida

El trabajo presentado no busca fundamentarse en una planificación y diseño de estrategias en función de los estilos de aprendizaje y el modelo de Kolb, pero si en una metodología docente con herramientas que conduzcan a un aprendizaje fructífero de la Mecánica de Fluidos trabajando actividades que cubran todos los estilos.

EL/LA ALUMNO/A

Por lo general, el perfil del estudiante matriculado en la Mecánica de Fluidos desconoce la materia y presenta un acentuado interés hacia el núcleo de las asignaturas en detrimento de un conocimiento más transversal. Además existe el handicap de que el estudio de la asignatura se dé a la par con otras materias básicas para la misma, o incluso a posteriori.



MODELOS FLEXIBLES DE FORMACIÓN: UNA RESPUESTA A LAS NECESIDADES ACTUALES

En resumen, el alumno de Mecánica de Fluidos puede caracterizarse por algunos de los siguientes aspectos:

- Falta de motivación al desconocer su contenido
- Obligación de cursarla por ser una asignatura troncal común de Grado
- Falta de interés por no encontrarle aplicación/utilidad para su especialidad de Grado
- Falta de satisfacción al ir cursándola y no alcanzar las expectativas creadas

LA ASIGNATURA

‘Mecánica’ y ‘Fluidos’ son conceptos familiares para todo estudiante de Ingeniería al matricularse por primera vez. Sin embargo, su unión en ‘Mecánica de Fluidos’ la convierten en la gran desconocida; cuando se empieza a conocer ya estás sentado en clase y en breve te evaluarán de la misma. Una caso muy interesante es el presentado por Gynnild *et al.* (Gynnild 2007) en el que se usa el laboratorio y un programa de álgebra computacional para introducir en clase fenómenos de Mecánica de Fluidos.

La asignatura de Mecánica de Fluidos presentada en este trabajo es una asignatura troncal común de 6 ECTS de 2o curso para los Grados de Ingeniería de 5 Especialidades: Eléctrica (EL), Electrónica Industrial y Automática (EI), Mecánica (M), Química (Q) y Tecnología y Diseño Textil (T) impartida en la Escola d’Enginyeria de Terrassa de la Universitat Politècnica de Catalunya. Es así una asignatura común y obligatoria para todos los alumnos de Grado con lo que debe tener un enfoque totalmente generalista (con su parte positiva y su parte negativa), ya que pretenden cubrir diferentes perfiles tecnológicos de los Grados que se imparten.

Los cursos tienen una media de 225 estudiantes matriculados, divididos en 4 Grupos Grandes (GG) de teoría (Grupo A, B, C y D) con la presencialidad de 2 h/semana teoría, 1 h/semana problemas y 2 h/quincenales prácticas de laboratorio.

La **Planificación** de la asignatura es exhausta al llevarse a cabo una programación por lecciones de una hora de duración con el correspondiente temario de cada una. Todas las



MODELOS FLEXIBLES DE FORMACIÓN: UNA RESPUESTA A LAS NECESIDADES ACTUALES

horas de teoría, problemas y laboratorio, están planificadas y a disposición en el Campus Virtual y el alumno sabe exactamente qué es lo que debe hacer en cada momento. El **Campus Virtual** utilizado es el Moodle **ATENEA**.

Todo el **Material Didáctico** de la asignatura está disponible en el Campus Virtual desde el principio del curso. Los **Apuntes** para las sesiones de teoría están estructuradas exactamente igual que la programación, en transparencias/apuntes de cada lección de una hora de duración. La **Colección de Problemas** de la asignatura para las sesiones de problemas es diversa y están estructurados por temas, de forma que son el complemento a la teoría y herramienta de trabajo/aula/grupo y estudio/casa/individual. El **Libro de Guiones e Informes de Prácticas** contiene el guion de cómo realizar cada práctica, desarrollo y cuestiones, y el informe los espacios habilitados para anotar los datos experimentales, los espacios habilitados para los cálculos y resultados, y papel cuadriculado para la representación de la correspondiente gráfica si ha lugar.

La **Normativa** de la asignatura así como la **Guía Docente** está disponible en el Campus Virtual desde el principio del curso: evaluaciones y sus pesos, calendarios, controles, exámenes, fechas de entrega de tareas, informes de prácticas, normas de presentación, despachos y horarios de consulta. Asimismo, muestran también la relación de profesores por teoría, problemas y prácticas, aspecto muy importante, ya que dirige al alumno al profesor correspondiente. En el momento correspondiente se comunican las calificaciones y la revisión de exámenes mediante una consulta en el Campus Digital.

METODOLOGÍA ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

La metodología de las actividades de aprendizaje se basa en herramientas de trabajo en grupo/individual y aula/casa. Para llevar a cabo esta metodología es necesaria una estrecha y muy coordinada colaboración de los profesores.

Actividad Inicio de Curso



MODELOS FLEXIBLES DE FORMACIÓN: UNA RESPUESTA A LAS NECESIDADES ACTUALES

- El **AutoControl de Inicio de Curso** es de resolución **individual** y en forma de **cuestionario virtual**, y está a la disposición de los alumnos en el Campus Virtual la primera semana de curso. Consta de aproximadamente 15 preguntas tipo test. Es individual y se realiza en tres intentos en un periodo de una semana. La ventaja de este cuestionario virtual es que permite autoevaluar los conocimientos que el alumno tiene sobre la materia y la asignatura que va a cursar. Su intención, es así, hacer conocer al alumno su punto de partida de la asignatura.

Actividad Individual

- Las **Tareas** de resolución **individual** y a **mano en papel**, se plantean regularmente a lo largo de todo el periodo lectivo obligando al alumno a afrontarlos y resolverlos consiguiendo un aprendizaje continuo y prolongado durante el curso. Los **Forums** creados en el Campus Virtual para cada tarea ayudan a comunicarse entre los alumnos para resolver dudas y problemas sobre la misma.
- Los **AutoControles** de resolución **individual** y en forma de **cuestionario virtual**, están a la disposición de los alumnos en el Campus Virtual. Se proyectan 4 en el curso, dos por parcial, y constan de aproximadamente de 25 preguntas cada uno tipo test de teoría y problemas creados en WIRIS, cuyos datos del enunciado cambian en cada intento, y por ende su resultado, fortaleciendo la comprensión del problema y el error. Es individual y se realiza en tres intentos en un periodo de quince días. La gran ventaja de los cuestionarios virtuales es que permite autoevaluarse y tener la nota del mismo al instante, con los resultados correctos y los errores marcados, en el momento en que lo finalizan.
- El **AutoControl de Prácticas** de resolución **individual** y en forma de **cuestionario virtual**, están a la disposición de los alumnos en el Campus Virtual. Se proyectan 1 en el curso, y constan de 10 preguntas o tipo test de teoría y problemas creados en WIRIS. Es individual y se realiza en un solo intento en el en el día y hora indicados.



MODELOS FLEXIBLES DE FORMACIÓN: UNA RESPUESTA A LAS NECESIDADES ACTUALES

- La lectura de un **Artículo de Divulgación Científica** de interés relacionado con la Mecánica de Fluidos completa el trabajo individual. Es individual y se debe realizar un pequeño texto de análisis crítico del artículo. Su entrega es por medio de una cuestionario virtual en un solo intento en le periodo establecido.

Actividad en Colaboración

- Los **Controles** vinculan el compañerismo con un compañero/a que previamente se ha elegido. El control es común a todos los alumnos y resuelto por ambos al mismo tiempo en **parejas** en el **aula**. Se proyectan 4 en el curso, dos por parcial, y constan de 8 preguntas test de teoría y problemas. El tiempo proporcionado para su resolución no permite llevarlo a cabo individualmente, y así se necesita la cooperación entre la pareja para poder solucionarlo.

Actividad en Equipo

- Las **Prácticas de Laboratorio** potencian el trabajo en equipo para ser realizadas en grupo impulsando diferentes roles entre los alumnos de un grupo y promoviendo el trabajo cooperativo. El alumno/grupo debe venir al laboratorio con el guion leído y con el informe imprimido para acabar de ser rellanado con los datos de la experimentación en la práctica, y los cálculos y resultados de la misma. El informe correspondiente a la práctica se lleva justamente después de su realización, en el espacio proporcionado en el mismo laboratorio con ordenadores. El profesor de prácticas está en todo momento con los grupos para atender sus dudas y guiar. Si todo es correcto al final de la práctica, el profesor firma el informe y el grupo ha acabado la práctica y su última tarea es colgar el informe en el Campus Virtual. Esta metodología de prácticas de laboratorio fomenta el razonamiento crítico en el trabajo grupal, conversación entre el grupo, entre grupos, la discusión y el razonamiento, todo ello dirigido directamente con la presencia del profesor. Como consecuencia, la comunicación oral se ve fomentada especialmente a través de las preguntas y cuestiones que se plantean los miembros del grupo y las que realiza el



MODELOS FLEXIBLES DE FORMACIÓN: UNA RESPUESTA A LAS NECESIDADES ACTUALES

profesor favoreciendo las discusiones de cómo resolver los problemas tanto a nivel alumno-alumno, como a nivel profesor-alumno.

- Existe para los profesores un libro con todos los informes de prácticas resueltos, con los datos y resultados de las mismas, de forma que en cada sesión de prácticas independientemente del profesor, se conocen los resultados esperados de las mismas además de servir de guía de errores experimentales y malfuncionamientos.

Actividad en Clase

- Las sesiones de **Problemas** se llevan a cabo por parte del profesor, en la resolución de uno o dos problemas en la pizarra de forma conjunta con los estudiantes. Estas sesiones son la guía de resolución de problemas con la metodología y procedimiento de 6 puntos que se debe seguir: 1. Datos/Orden, 2. Hipótesis, 3. Dibujo/Esquema, 4. Principios Básicos/Conceptos Físicos, 5. Explicación y 6. Resolución, Resultado y Análisis Crítico.

LAS EVALUACIONES

Los **Exámenes** parcial y final se enfocan a mostrar la capacidad de análisis y resolución del alumno. Los exámenes escritos no muestran únicamente el conocimiento de lo aprendido sino una buena comunicación escrita. La corrección de los exámenes se basa en una **Rúbrica** con 6 puntos a evaluar entre 0 y 10 que se rige por el procedimiento explicado en las sesiones de problemas. La rúbrica es explicada y puesta a disposición del alumno desde principio de curso.

El resto de actividades también son evaluadas y tienen su propio peso, como son: tareas, lectura de artículo, autocontroles, autocontrol de prácticas, controles y prácticas de laboratorio.



MODELOS FLEXIBLES DE FORMACIÓN: UNA RESPUESTA A LAS NECESIDADES ACTUALES

c) Resultados y conclusiones

RESULTADOS

La Figura 1 muestra la distribución de los 4 grupos grandes de teoría formados por las 5 especialidades de Grado quedando un grupo que al momento de cursar la asignatura no tiene elegida la especialidad que cursará, que se denominará con el acrónimo SE. En este análisis se debe destacar que cada grupo de teoría tiene un profesor diferente. En ella se puede apreciar que la especialidad M es la más numerosa, por encima de EL y EI; sin embargo, no se puede dejar de atender la relevancia de SE respecto a las demás.

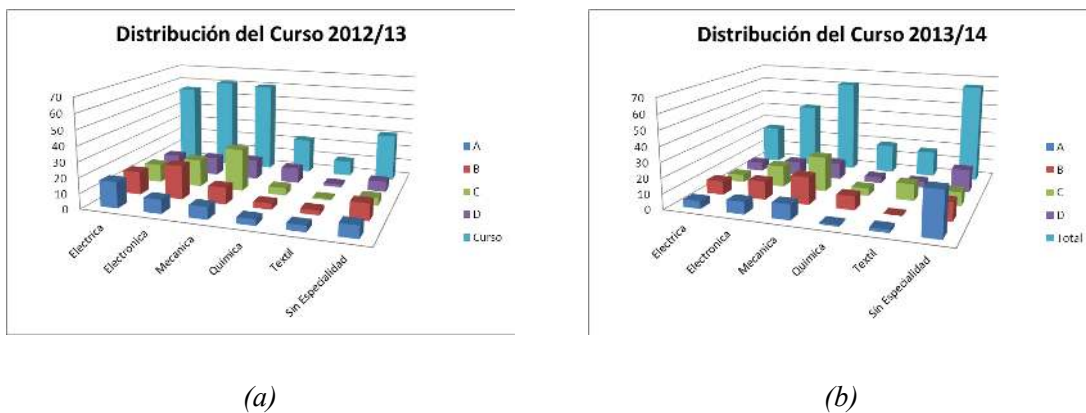


Figura 1: Distribución de las especialidades por grupos y cursos lectivos

La Figura 2 visualiza los resultados de aprobados y suspendidos de dos cursos consecutivos. En ambos casos se aprecia la preeminencia de logros en las especialidades M, EI y EL sobre las restantes, tanto en el número de aprobados como en el bajo número de suspensos.

Esta tendencia también se puede extrapolar al análisis de los grupos de teoría. Aquellos que tienen predominancia de las especialidades más afines a la asignatura, presentan mejores resultados, caso de B y C; en cambio los que tienen homogeneidad de especialidades las tendencias son difusas. En el caso de A, predominan las respuestas de alumnos SE y en el caso de D, la respuesta está más ecualizada. Estas observaciones coinciden con las



MODELOS FLEXIBLES DE FORMACIÓN: UNA RESPUESTA A LAS NECESIDADES ACTUALES

opiniones de los profesores de grupos. Las Figuras 2(a) y 2(c) muestran la predominancia de las especialidades M y E {I,L} sobre las T y Q.

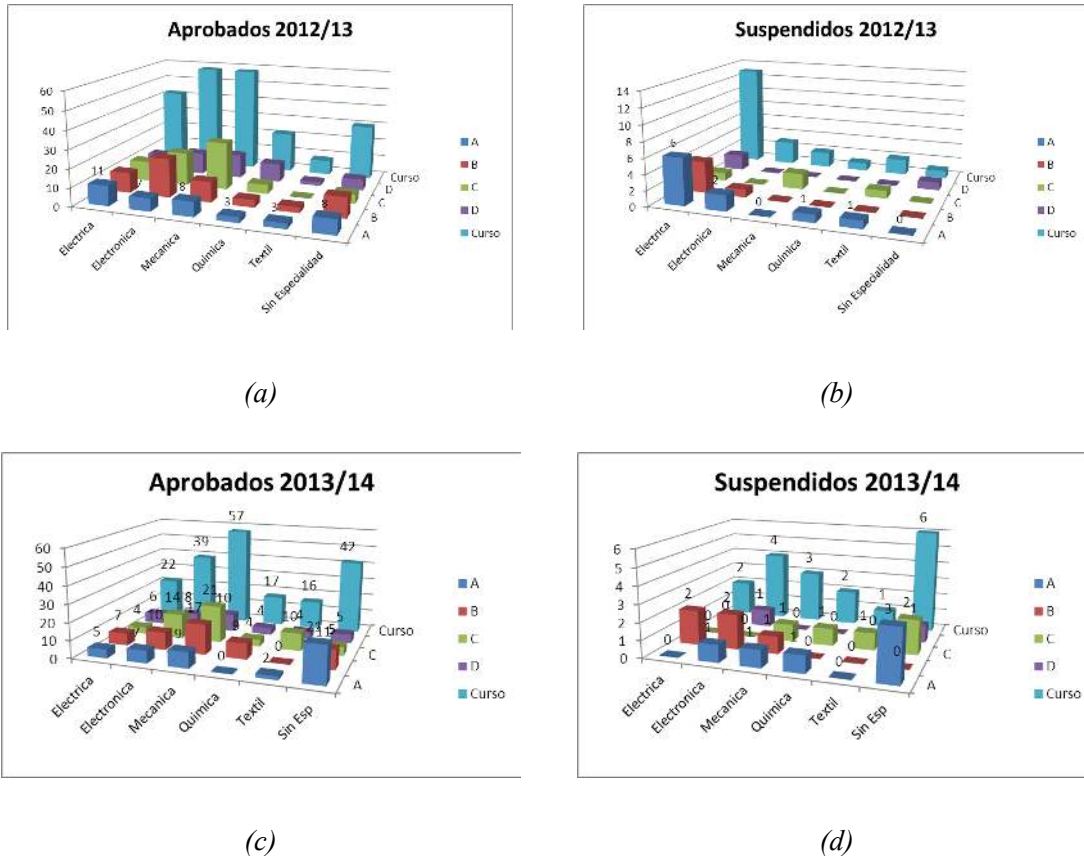


Figura 2: Evolución global del total de alumnos de los cursos 2012/13 y 2013/14

En lo referente al seguimiento del curso, solo se analiza el más reciente en la Figura 3. En lo general, la respuesta de los diferentes grupos es bastante homogénea. Esto coincide con lo observado en los resultados globales. No obstante vemos una clara diferenciación entre los grupos de teoría B y C respecto de A y D. En el caso concreto de A, se observa que SE destaca respecto de los M, pero también son los que tienen el mayor índice de suspensos. En contrapartida, el grupo D muestra una evolución más uniforme a lo largo del curso, siendo no obstante el grupo M de nuevo el que destaca sobre los demás.



MODELOS FLEXIBLES DE FORMACIÓN: UNA RESPUESTA A LAS NECESIDADES ACTUALES

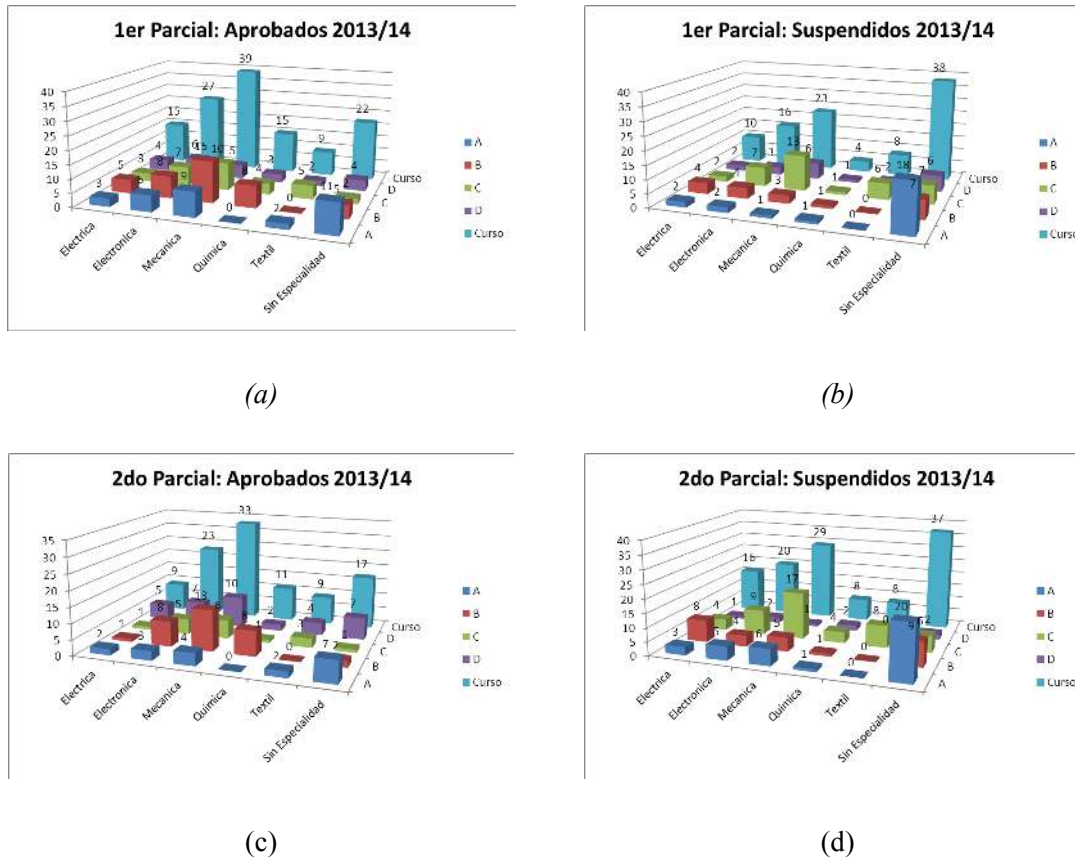


Figura 3: Detalles de la evolución del curso 2013/14

De lo observado se puede concluir que aquellos grupos de teoría que tienen especialidades con una fuerte orientación hacia los principios mecano-eléctricos están más concienciados con la importancia de los contenidos de la asignatura. Por el contrario, el colectivo de alumnos que no tiene definida la especialidad tiene un desempeño heterogéneo, de difícil predicción y con una clara tendencia a no alcanzar los objetivos finales de la asignatura. Se podría creer que especialidades como Q y T, por desconocimiento y desinformación, entiendan que los objetivos y aplicaciones de la Mecánica de Fluidos están claramente inconexos con su especialidad.

Otro análisis complementario se puede llevar a cabo mediante la encuesta llevada a cabo por la UPC. Ésta incluye 9 preguntas, de las cuales se han destacado 5 relativas a este



MODELOS FLEXIBLES DE FORMACIÓN: UNA RESPUESTA A LAS NECESIDADES ACTUALES

trabajo: interés, aprendizaje, progreso, Campus Virtual y Satisfacción. Se observa en la Figura 4 una puntuación de la asignatura en cada uno de sus apartados superior al 3 con una leve pero esperanzadora evolución positiva, sobre todo en la utilización del Campus Virtual que se cree debida a los cuestionarios virtuales.

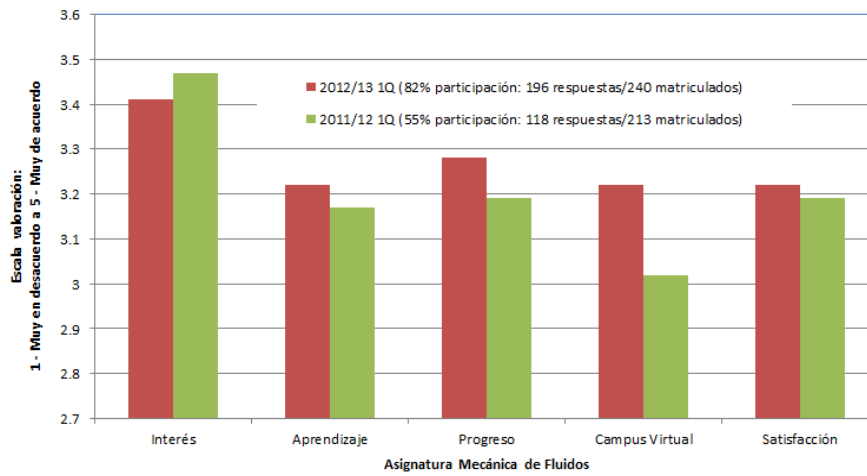


Figura 4. Evolución de la encuesta de la asignatura

CONCLUSIONES

Lo observado permite definir estrategias más precisas y orientadas en la docencia, con tal de favorecer la motivación de aquella parte del alumnado que, ya sea por desconocimiento o desmotivación, no valora la importancia de la asignatura en el contexto global de su plan de estudios. Estas estrategias pasan por:

- Las actividades en las que el alumno participa activamente, dejando de ser un simple receptor, son las que más le agradan al alumno.
- Las actividades en equipo son apreciadas por el alumno.
- Presentar casos prácticos afines con las especialidades de los distintos grupos de alumnos



MODELOS FLEXIBLES DE FORMACIÓN: UNA RESPUESTA A LAS NECESIDADES ACTUALES

- Desdoblamiento de los contenidos de la asignatura más en acuerdo con las expectativas del alumnado.
- Intensificar las ayudas orientativas para alumnado más perdido.
- Una tendencia observada es la proporción de SE respecto del total en el último período analizado, puede que la misma se deba a ciertas incertidumbre de futuro profesional

Como trabajo futuro es difícil predecir qué cambios pueden resultar más exitosos y desafiantes donde los alumnos de especialidades afines con la Mecánica de Fluidos muestran más interés y consiguen resultados más satisfactorios. El desafío está en plantear una docencia diferenciada para el caso de las categorías T, Q y SE.

Propuestas de cambios alentadores podrían ser el impartido de los principios básicos que dominan la Mecánica de Fluidos a partir de la presentación de casos reales y práctico afines con las distintas especialidades: temario no por orden teórico sino por aplicaciones. La motivación debe alcanzarse relacionando la Mecánica de Fluidos con el Grado de Ingeniería que desea estudiar.

Aunque lo anteriormente expuesto, también plantea un riesgo, debido que para el caso de alumnado que debe aprender y manejar los principios básicos y fundamentales que rigen la Mecánica de Fluidos, la presentación de casos reales puede ser abrumador y causar el efecto contrario en vez de acercarlo a la motivación por la asignatura.



MODELOS FLEXIBLES DE FORMACIÓN: UNA RESPUESTA A LAS NECESIDADES ACTUALES

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barrio, R., Blanco, E., Martínez, J., Galdo M. (2010) *El aprendizaje orientado a proyectos en Mecánica de Fluidos a través de la experimentación con cohetes de agua*, RED. Docencia Universitaria en la Sociedad del Conocimiento, 2, pp 1-12

Campus Virtual ATENEA (UPC), <https://atenea.upc.edu/moodle/login/index.php>

Gad-el-Hak, M. (1998) *Fluid Mechanics from the Beginning to the Third Millenium*, International Journal of Engineering Education: 14(3), pp 177-185

Gynnild, V., Myrhaug, D. and Pettersen, B. (2007) *Introducing Innovative Approaches to Learning in Fluid Mechanics: a Case Study*, European Journal of Engineering Education, 32(5), pp 503-516

Kolb, D.A. (1984) *Experiential Learning. Experience as the source of learning and development*, Prentice Hall P T R, Englewood Cliffs, Nueva Jersey

Mills, J. and Treagust, D.F. (2003) *Engineering Education – Is Problem-based or Project-based Learning the Answer?*, Australasian J. of Engng. Educ. http://www.aee.com.au/journal/2003/mills_treagust03.pdf, pp 1-16

WIRIS, <http://www.wiris.com/>