

(C-78)

**ADAPTACIÓN DE LA PROGRAMACIÓN DE PRÁCTICAS
DE LABORATORIO CON LA IMPLANTACIÓN DEL
NUEVO ESPACIO EUROPEO DE EDUCACIÓN
SUPERIOR**

P. Lopez-Crespo

B. Moreno

M. V. Moya



(C-78) ADAPTACIÓN DE LA PROGRAMACIÓN DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO CON LA IMPLANTACIÓN DEL NUEVO ESPACIO EUROPEO DE EDUCACIÓN SUPERIOR

P. Lopez-Crespo, B. Moreno, M. V. Moya

Afiliación Institucional: Departamento de Ingeniería Civil, de Materiales y Fabricación, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y Escuela Politécnica Superior, Universidad de Málaga

Indique uno o varios de los siete Temas de Interés Didáctico:

- Metodologías didácticas, elaboraciones de guías, planificaciones y materiales adaptados al EEES.
- Actividades para el desarrollo de trabajo en grupos, seguimiento del aprendizaje colaborativo y experiencias en tutorías.
- Desarrollo de contenidos multimedia, espacios virtuales de enseñanza- aprendizaje y redes sociales.
- Planificación e implantación de docencia en otros idiomas.
- Sistemas de coordinación y estrategias de enseñanza-aprendizaje.
- Desarrollo de las competencias profesionales mediante la experiencia en el aula y la investigación científica.
- Evaluación de competencias.

Resumen.

Este trabajo trata de explicar una metodología para adaptar las prácticas de laboratorio de la asignatura de “Ciencia de los materiales” al nuevo Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) en carreras técnicas de ingeniería. Para ello se describen cómo eran las prácticas en el anterior plan de estudios y se propone una nueva metodología adaptada a los nuevos condicionantes ligados al EEES. La metodología propuesta no busca un cambio drástico en relación al sistema anterior, sino una mejora de aquellos aspectos que en la opinión de los autores pueden aumentar la calidad de la enseñanza. Así, la adaptación que se plantea se espera que permita al alumno futuro ingeniero desarrollar habilidades prácticas así como la capacidad de adaptarse a nuevas situaciones y de resolver problemas con iniciativa.

Palabras clave: prácticas de laboratorio en ingeniería, EEES, ciencia de materiales

Abstract.

This work presents an adaptation of the laboratory work conducted in the module “Materials Science” to the new European Space of Higher Education (ESHS) in engineering degrees. This is done by describing how labs were performed previously and how they are planned to be developed in the future, following the constraints of ESHS. The proposed methodology does not intend to modify drastically the way the labs carried out, but rather, an improvement of those features that can improve the understanding of the undergraduate students of the subject. Accordingly, the adaptation herein described will hopefully allow the future engineer to develop practical abilities as well as a improved skills to tackle new situations and solve problems.

Key words: laboratory work in engineering, ESHS, materials science

El nuevo Espacio Europeo de Educación Superior

La implantación del nuevo Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) supone el cambio más importante de los últimos años en el entorno universitario. El nuevo sistema no es una reforma de los actuales planes de estudios, sino que es un diseño completo de nuevos Títulos. En el nuevo sistema educativo posee un enfoque distinto, en el sentido de que los títulos surgen de la necesidad de unas determinadas competencias de los titulados. Dichas competencias son una serie de conocimientos, habilidades o destrezas que promueven la empleabilidad de los alumnos graduados. Por esta razón, la docencia y su evaluación deberán orientarse a la consecución de esas competencias.

Una de las características más importantes del nuevo sistema educativo es la exigencia de una mayor atención al proceso enseñanza-aprendizaje. Así, el cambio estructural que debe ocurrir debería impulsar la renovación metodológica de las herramientas de enseñanza-aprendizaje y en la adquisición de competencias de dos tipos: (i) generales – las propias del último nivel educativo, el universitario y (ii) específicas del título, mucho más definidas para cada grado.

El EEES permite medir los resultados del aprendizaje y el volumen de trabajo del estudiante de una forma equiparable entre distintas universidades de distintos países. Para ello se utiliza el Sistema Europeo de acumulación y Transferencia de Créditos, ECTS (del inglés European Credit Transfer and accumulation System). Los créditos ECTS permiten no sólo medir los resultados del aprendizaje sino también el volumen de trabajo del estudiante [1].

Ref http://www.crue.org/export/sites/Crue/espacioeuropeo/documentos_FAQs/definicion_EEES/1_ECTS.pdf

En el presente trabajo se expondrá una nueva metodología docente para la asignatura de “Ciencia de materiales” en escuelas técnicas (Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y Escuela Politécnica Superior) de la Universidad de Málaga. La asignatura de “Ciencia de los materiales” es común a muchas carreras técnicas, entre la que se incluyen las ramas industrial, mecánica, eléctrica, electrónica, agrónoma, aeronáutica, de caminos canales y puertos, minera y naval. Así, el temario de la asignatura es muy parecido en todas estas ramas, por lo que los análisis y las conclusiones que se van a exponer serán extrapolables a todas estas carreras o grados. Por otra parte, por su carácter experimental (Índice de experimentalidad = 3), la organización y el tipo de docencia son comunes a muchas otras asignaturas con marcado carácter experimental. De esta forma, muchas de las conclusiones serán también útiles para asignaturas distintas.

En este trabajo se describe el proceso de adaptación de las prácticas de laboratorio del plan de 1991 de Ingeniería Industrial e Ingenierías Técnicas Industriales (especialidades mecánica, electricidad y electrónica industrial) a los grados de Ingeniero en Tecnologías Industriales, Ingeniero Mecánico, Ingeniero Eléctrico e Ingeniero Electrónico. El momento en que se va a imponer el nuevo plan de estudios coincide incidentalmente con el traslado del edificio que alberga las carreras anteriormente mencionadas a un nuevo edificio.

Organización de la docencia en los nuevos planes: Particularización para la asignatura de “Ciencia de los materiales”

Los cambios más importantes en los planes para los nuevos grados en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Málaga.

A modo de ejemplo, se explicará la ordenación de la asignatura en el grado de Ingeniero Mecánico, si bien los otros

grados tienen organizaciones muy similares. La asignatura se impartirá en 14 semanas (equivalente a un cuatrimestre). La Figura 1 muestra la distribución de alumnos en los distintos niveles. El total de alumnos en el curso 2º del grado de Ingeniero Mecánico es de 360 (primer nivel en Figura 1). El total de 360 alumnos se distribuye en 4 grandes grupos de aproximadamente 90 alumnos, a saber, A, B, C y D (segundo nivel en Figura 1).

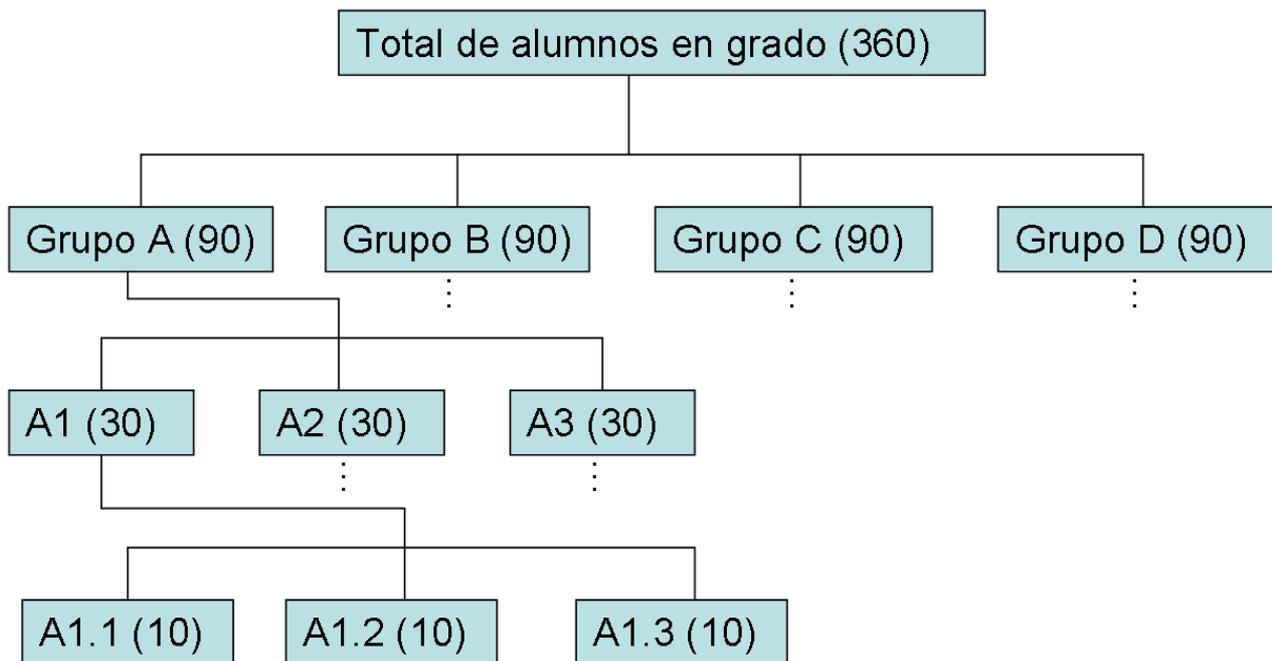


Figura 1. Distribución del alumnado en el grado de Ingeniero Mecánico en la Universidad de Málaga. Entre paréntesis aparece el número de alumnos en cada grupo. Ramificaciones similares a la que se observa que nace en el Grupo A existen en los grupos B, C y D, pero se han omitido en la presente figura para mayor claridad.

En el actual plan académico, los grupos A, B y C se imparten por la mañana y el grupo D por la tarde. La distribución semanal de las clases consiste en 2 clases de 90 minutos a grupos grandes de 90 alumnos (segundo nivel en Figura 1) y una clase, también de 90 minutos, a grupos reducidos de en torno a 30 alumnos (tercer nivel en Figura 1). Por último, por razones de seguridad y de capacidad de los laboratorios, las prácticas se realizarán en grupos de 10 alumnos (cuarto y último nivel en Figura 1). Los primeros tres niveles se deciden a nivel de Escuela Técnica en la programación docente, mientras que el cuarto nivel se introduce desde el profesorado de la asignatura de “Ciencia de los materiales”. La razón de dicha distribución de alumnos y horas es que una parte de la asignatura “Ciencia de los materiales” requiere de clases magistrales, en las que se presentarán los conocimientos que los alumnos deben adquirir, y otra parte más práctica de la asignatura, requiere de resolución de problemas y realización de prácticas en el laboratorio. Los problemas que se propondrán estarán relacionados con los conocimientos presentados en las clases magistrales y están enfocados principalmente en las capacidades específicas que los estudiantes deben desarrollar. Las prácticas de laboratorio son actividades docentes muy importantes en las enseñanzas técnicas porque preparan al alumno a nivel de competencias y lo acercan a la vida laboral. Por otra parte, las prácticas de laboratorio son muy importantes desde el punto de vista pedagógico ya que facilitan el aprendizaje de los contenidos teóricos. Además son una pieza clave en la motivación del alumnado. Durante las prácticas de laboratorio ocurre un acercamiento entre el profesor y los alumnos,

propiciado por el hecho de que los laboratorios son habitáculos mucho más reducidos que las clases en las que se imparten las clases teóricas magistrales. Este acercamiento físico normalmente va unido a cierto acercamiento personal. De esta manera, las prácticas contribuyen a reducir la barrera entre el profesor y el alumno, mejorando de esta forma las relaciones alumno-profesor. En definitiva, las prácticas de laboratorio dan la oportunidad al alumno de desarrollar sus capacidades ingenieriles y tecnológicas, permitiéndole el contacto más directo posible con los materiales.

La distribución de las clases a lo largo del cuatrimestre es la que aparece en la Figura 2. En la primera fila (con fondo blanco) aparecen las 14 semanas en las que está dividido el cuatrimestre académico. En la segunda fila (sombreado de color rosa) aparecen las horas impartidas a los grupos grandes de 90 alumnos. En las filas tercera a quinta aparecen las clases que se imparten a grupos de 30 alumnos (tercer nivel en Figura 1). En la sexta fila (sombreado en verde) aparecen las clases de reserva que se imparten, en principio, a grupos de 90 alumnos. El fin del horario de reserva es dotar de mayor flexibilidad a los horarios de forma que podría usarse en distintas situaciones, entre las que se incluyen:

- I. recuperación de clases no impartidas por festividad u otras causas. Pueden ser de grupos de hasta 90 alumnos.
- II. impartición de clases que no requieran grupos reducidos.

En la última columna de la Figura 2 (sombreada en naranja) aparece el total de horas correspondientes a los 3 tipos de clases.

SEMANAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	TOTAL
A (3 horas)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	42
A1 (1.5 horas)			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	18
A2 (1.5 horas)			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	18
A3 (1.5 horas)			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	18
Reserva (1.5 horas)															0

a)

SEMANAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	TOTAL
A (3 horas)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	42
A1 (1.5 horas)							x		x		x		x		6
A2 (1.5 horas)							x		x		x		x		6
A3 (1.5 horas)							x		x		x		x		6
Reserva (1.5 horas)	x	x	x	x	x	x	x	x							12

b)

SEMANAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	TOTAL
A (3 horas)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	42
A1 (1.5 horas)															0
A2 (1.5 horas)															0
A3 (1.5 horas)															0
Reserva (1.5 horas)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	18

c)

Figura 2. Posibles distribuciones horarias en función de la cantidad de horas con grupos reducidos que se requieran.

La Universidad de Málaga permite tres opciones distintas para impartir 60 horas de docencia al alumno. En función de la necesidad de grupos reducidos de cada asignatura, los profesores pueden optar entre las tres posibilidades mostradas en la Figura 2, y la carga lectiva del profesor variará entre 96 (opción a), 72 (opción b) o 60 horas (opción c en Figura 2) [2]. Esta opcionalidad en los horarios es posible gracias a las clases de reserva (marcadas en color verde en la Figura 2). Nótese que en todos los casos la suma total de horas recibidas por el alumno es de 60. Estas 60 horas lectivas se deberán completar en todo caso con 90 horas de estudio, para así alcanzar las 150 horas totales equivalentes a 6 créditos ECTS de los que consta la asignatura.

Las prácticas de laboratorio en el plan de 1996

Tradicionalmente las prácticas de laboratorio se han hecho en grupos de 10 a 12 alumnos por motivos de seguridad y por razones de capacidad de los laboratorios. Las prácticas se llevaban a cabo fuera del horario normal lectivo. Así, los alumnos cuyas clases teóricas se impartían en el turno de la mañana realizaban las prácticas de laboratorio en horario de tarde. Por otra parte, los alumnos con clases de tarde realizaban las prácticas en turno de mañana. Se desarrollaban un total de 6 prácticas en sesiones de 2 horas. La asistencia a las prácticas de laboratorio era una condición sine qua non para superar la asignatura. El alumno disponía antes de realizar las prácticas, de un guión con los distintos pasos de las prácticas y con explicaciones en las que se relacionaban las mismas con los contenidos teóricos previamente cubiertos durante las clases magistrales. Dicho guión contenía también apartados para que el alumno recogiera los resultados de los ensayos y pudiera llevar a cabo los cálculos pertinentes. Dicho guión era una de las herramientas de evaluación.

Las prácticas que se realizaban en el plan antiguo son las siguientes:

1. Microscopía óptica. En esta práctica se pretende que el alumno se familiarice con el funcionamiento y uso del microscopio óptico y que conozca las microestructuras características de distintos materiales metálicos: aluminio, cobre y aleaciones, aceros...
2. Ensayos mecánicos 1. En esta práctica se pretende que el alumno conozca cómo se obtienen los principales indicadores del comportamiento mecánico en distintos materiales metálicos y la variación de los datos obtenidos en función de la composición química o del tratamiento del material ensayado. Se realizarán el ensayo de tracción con aceros de distinta composición química y ensayos de resiliencia (Charpy) [3].
3. Ensayos mecánicos 2. Los objetivos de esta práctica se centran en que el alumno conozca los principales métodos de ensayo disponibles para la determinación de la dureza de distintos materiales y la influencia de la composición química del material en la capacidad para adquirir dureza. Por esta razón la práctica se divide en dos partes claramente diferenciadas: la primera de ellas se centra en el conocimiento y uso de durómetros Brinell, Vickers y Rockwell con distintos materiales y una segunda parte en la que se realizará un ensayo Jominy sobre probetas de acero de distinta composición química.
4. Metalografía y tratamientos térmicos. En esta última práctica se pretenden dos objetivos distintos: en primer lugar, que el alumno aprenda a realizar una preparación metalográfica para su observación mediante el microscopio óptico, equipos y materiales a utilizar y la realización de un estudio macro y microscópico. En segundo lugar, conocimiento de la modificación microestructural producida por los tratamientos térmicos en distintos aceros. Para ello los alumnos en esta práctica utilizarán como muestras los materiales ensayados previamente en las prácticas de Ensayos Mecánicos 1 y 2.

Se observaba además que las prácticas eran siempre muy bien acogidas por los alumnos y el grado de satisfacción era alto. En definitiva, se aprecia que las prácticas eran la parte más productiva a nivel de docencia. Por esa razón, con el nuevo sistema, se plantea mantener o incluso potenciar dicho esquema. Además ayudará en la tarea de evaluación continua del alumno que se intenta fomentar en el EEES.

Las prácticas de laboratorio con el nuevo EEES

Al igual que en el plan antiguo, se parte de la premisa de que las prácticas de laboratorio deben realizarse necesariamente en grupos reducidos, por razones de seguridad y porque los habitáculos destinados a la realización de prácticas son de tamaños similares a los del antiguo edificio. Además, en varias prácticas se dispone de una única máquina de ensayos, por lo que no sería posible el contacto visual directo de todos los alumnos para el caso en el que el número de alumnos supere 12. Dado que los equipos de que dispone el Área de Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica son los mismos que en anterior plan, en principio se realizarán las mismas prácticas descritas en el epígrafe anterior. De entre las tres opciones descritas en la Figura 2, se elige la opción b, es decir 4 clases en grupos reducidos y uso de 8 clases de reserva. En la Figura 2.b las prácticas están distribuidas en las semanas 7^a, 9^a, 11^a y 13^a. Esta distribución debe de estar coordinada con los contenidos teóricos, de forma que cuando el alumno vaya a realizar una prácticas, los contenidos asociados a dicha práctica ya hayan sido cubiertos en las clases teóricas.

Una diferencia importante con respecto al plan de 1996 es que las prácticas se encuadran en horarios establecidos en la programación docente, por lo que es necesario llevarlas a cabo bien en los horarios de grupos grandes (segundo nivel en Figura 1) o bien en horarios de grupos reducidos de 30 alumnos (tercer nivel en Figura 1). Por las razones anteriormente expuestas se opta por realizarlas en los horarios de grupos reducidos. El hecho de que los horarios de las prácticas de laboratorio estén fijados desde el comienzo del curso académico es muy positivo para el alumno, pues permite mayor grado de organización, permite compatibilizar con la vida social y otras actividades no académicas, lo cual se espera que redunde en un aumento del rendimiento académico. Sin embargo, dado que los grupos reducidos previstos en la ordenación académica son de en torno a 30 alumnos, sería inviable realizar las prácticas con el esquema descrito en el epígrafe anterior. La solución que se plantea es involucrar a los propios alumnos en la ejecución de las prácticas. Para ello debería seleccionarse un conjunto de alumnos para ser formados por el profesor antes de que se lleven a cabo las prácticas. En lo sucesivo, denotaremos a estos alumnos como jefes de prácticas. Los jefes de prácticas por tanto aprenderán el desarrollo de las prácticas y guiarán a sus propios compañeros en la ejecución de las prácticas. Este sistema posee importantes ventajas, entre las que se destaca un mayor grado de involucramiento por parte del alumno, un aumento de la responsabilidad derivada de que los jefes de grupo han de hacerse cargo del laboratorio y de los alumnos-compañeros. Como se ha visto en la Figura 1, por cada grupo reducido (tercer nivel en la Figura 1) se formarán tres grupos de prácticas (denotados AX.Y en la Figura 1), de forma que para cada grupo de 90 alumnos (grupos A a D en Figura 1) serán necesarios 9 jefes de grupo. Para prever baja por enfermedad o cualquier otro motivo de alguno de los jefes de grupo, lo lógico sería adiestrar al menos a 10 alumnos, de forma que si alguno de los jefes de grupo eventualmente no pudiese asistir a alguna de las prácticas de las que se encargan, pudiese ser suplido temporalmente por alguno de los jefes de grupo de reserva. En todo caso, el número de prácticas se dividirán equitativamente, de forma que todos den alguna práctica y no quede ningún jefe de grupo adiestrado y sin impartir prácticas. La labor de los jefes de prácticas será evaluada como una nota adicional. En principio, podría pensarse que el número de horas lectivas del profesor se incrementaría, pues ha de dedicar un cierto tiempo a la formación de los jefes de prácticas. Sin embargo, ese tiempo se recuperará ya que si los jefes de grupo dan las prácticas, podrán realizarse simultáneamente tres prácticas en cada sesión en lugar de una única práctica. El papel del profesor durante las prácticas quedará reducido a supervisar el trabajo realizado por los jefes de grupo. El resto de elementos de las prácticas descrito para el plan de 1996 se mantendría (información que se da a los alumnos, guión de prácticas que se debe estudiar antes de realizar la práctica y que incluye un cuestionario final que el alumno debe rellenar para así demostrar la consecución de los objetivos de la práctica). Por último, los jefes de prácticas también se involucrarían en la corrección y evaluación de los guiones de prácticas, siempre supervisados por el profesor.

Uno de los posibles puntos débiles del sistema propuesto es que su éxito depende en gran medida de la labor de los jefes de prácticas. Por esta razón es necesario que los jefes de prácticas estén bien preparados y sobre todo que tengan una

actitud positiva. En consecuencia es necesario hacer una selección de los jefes de prácticas. Dado que, según el calendario propuesto (Figura 2.b) las prácticas comenzarán la séptima semana, hay tiempo suficiente para llevar a cabo esta selección y formación de los jefes de prácticas. En consonancia con la filosofía del sistema EEES, se realizarán pruebas de evaluación con una frecuencia de 3 semanas. Dependiendo de la materia dada, estas pruebas podrán ser orales o escritas. En cualquier caso, después de la tercera semana se tendrá una primera evaluación de todos los alumnos que podrá utilizarse en el proceso de selección. Los criterios de selección serán:

- alumnos cuya nota en la primera evaluación esté entre el 15% más alto
- alumnos que muestren interés en ser jefes de grupo

En caso de que sean más de 10 el número de alumnos candidatos a ser jefes de grupo, se podría recurrir a una breve entrevista personal, para evaluar también la capacidad de comunicación y el liderazgo. Para incentivar la participación como jefe de prácticas, se recompensará dicha tarea con 1.5 puntos sobre una escala de 10 en la nota final de la asignatura.

Otra importante mejora que se podría añadir al esquema propuesto para las prácticas, consistirá en realizar las cinco prácticas descritas anteriormente, modificadas ligeramente de forma que cada grupo realice una práctica distinta. Así, por ejemplo, el ensayo de resiliencia (geometría Charpy) encuadrado en la práctica de “Ensayos mecánicos 1” se realizará a diferentes temperaturas con un mismo material, de forma que combinando los resultados de todos los grupos de prácticas (de 10 alumnos cada uno) se obtenga una información adicional. Para el ejemplo tomado del ensayo de resiliencia, la compartición de resultados dará como resultado extra una propiedad adicional del material que no es posible medir realizando el ensayo una única vez (temperatura de transición dúctil-frágil). Además, la propia compartición de resultados es un mecanismo adicional de corrección de los resultados, ya que si uno de los grupos ha hecho el experimento erróneamente, sus resultados se alejarán drásticamente de los resultados del resto de grupos. Esta compartición de datos de ensayos entre los diferentes grupos se realizará electrónicamente, a través de la herramienta «Campus Virtual» con la que cuenta la Universidad de Málaga. Se creará un espacio exclusivo para compartir datos de ensayos y se habilitará un foro de discusión en el mismo para que los alumnos puedan comentar y discutir en conjunto las tendencias medidas en los diferentes materiales. Como el acceso y las intervenciones de cada alumno quedan registrados en el sistema, ésta será otra herramienta adicional para evaluar la progresión del alumno.

Ventajas pedagógicas del método propuesto

- Dinamización de la actividad programada.
- Fomento de las relaciones entre iguales.
- Adquisición de competencias: comprensión lectora, capacidad de análisis y síntesis.
- Transmisión de conocimiento.
- Mejora de la capacidad de expresión oral.
- Adquisición de habilidades de intercomunicación

Conclusiones y posibles mejoras futuras de la metodología propuesta

Se ha presentado una nueva metodología para adaptar las prácticas de laboratorio de la asignatura “Ciencia de los materiales” a los nuevos planes EEES. Basado en el sistema del anterior plan de estudios, se han mantenido aquellos aspectos que se han considerado positivos y modificado aquellos que se cree pueden mejorar la productividad de los alumnos en la asignatura. Aunque todas las explicaciones se han centrado en la asignatura de “Ciencia de materiales”, se cree que la metodología puede ser útil para muchas otras asignaturas de carreras técnicas y con marcado carácter experimental.

Obviamente, la metodología expuesta debe ser llevada a la práctica y durante dicho proceso surgirán problemas que no se han valorado en este primer estudio. En consecuencia se utilizará la experiencia de los primeros cursos, así como los comentarios y resultados de encuestas a los alumnos para mejorar distintos aspectos de la metodología. En esa misma línea, se está estudiando en la actualidad introducir nuevas prácticas que permitan el manejo y la familiarización de otros conceptos de “Ciencia de los materiales” no cubiertos en las prácticas descritas en el epígrafe «Las prácticas de laboratorio en el plan de 1996».

Referencias.

- [1] http://www.crue.org/export/sites/Crue/espacioeuropeo/documentos_FAQs/definicion_EEES/1_ECTS.pdf *Red Universitaria de Asuntos Estudiantiles*, accessed on 27 April 2011.
- [2] <http://www.uma.es/ordenac/docs/Norm/ProgramacionDocente2011.pdf> *Plan de ordenación docente de la Universidad de Málaga*, accessed on 5 May 2011.
- [3] Coca Rebollero, P and Rosique Jiménez, J. *Ciencia de materiales: teoría, ensayos, tratamientos*. Ed. Pirámide. 2003.