

Luis A. Angurel (angurel@unizar.es), Ricardo Ríos (ricrios@unizar.es)

Departamento de Ciencia y Tecnología de Materiales y Fluidos, C.P.S., Edificio Torres Quevedo, c/ María de Luna, 3, 50015 Zaragoza

APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS APLICADO A LA ASIGNATURA DEFORMACIÓN Y FRACTURA DE MATERIALES DE USO EN INGENIERÍA

Resumen:

En los últimos tres cursos se ha estado modificando la metodología utilizada en la impartición de la asignatura “Deformación y fractura de materiales de uso en ingeniería” adaptándola a un aprendizaje basado en proyectos. Durante el curso, los alumnos deben abordar la resolución de cuatro casos con los que se pretende que hayan tenido que manejar y comprender un determinado número de conceptos, desarrollen ciertas habilidades de trabajo en equipo y vayan adquiriendo experiencia en las diferentes formas de presentar su trabajo a los demás. En estos tres cursos se han ido introduciendo ciertas modificaciones en los procesos de evaluación.

Palabras clave: Aprendizaje basado en proyectos, materiales

1.- Introducción.

La asignatura de “Deformación y fractura de materiales de uso en ingeniería” es una asignatura optativa cuatrimestral que se imparte en cuarto o quinto curso de la titulación de Ingeniero Industrial. En media se suelen matricular aproximadamente diez estudiantes por curso. Hace tres cursos se decidió cambiar la forma de impartirla y trabajar siguiendo el método de aprendizaje basado en proyectos [1] con el objeto de ir adquiriendo experiencia en estas nuevas metodologías que se van a imponer en el nuevo Espacio Europeo de Educación Superior (EEES). Existen ya experiencias en otras

universidades en las que se usa esta metodología en asignaturas relacionadas con el campo de los materiales [2, 3], incluso hay disponible una librería de material pedagógico que puede ser de interés en esta disciplina [4]. Merece una especial atención la experiencia de la universidad de Birmingham [5].

En nuestro caso, el número de estudiantes era reducido y ello permitía hacer un seguimiento casi individualizado de su trabajo y detectar posibles deficiencias, lo cual se ha considerado crítico a la hora de adquirir experiencia en la aplicación de estas tecnologías. La asignatura está integrada en el Anillo Digital Docente de la Universidad de Zaragoza, lo que facilita el poder desarrollar una actividad en la que es importante el trabajo que los alumnos realicen con sus grupos.

Desde un punto de vista conceptual se pretende que el alumno comprenda la importancia de la microestructura de un material en sus propiedades de deformación y fractura. Además, los casos prácticos pretenden poner de manifiesto la importancia de estas propiedades en un gran número de procesos y desarrollos industriales.

Como complemento a estos objetivos conceptuales se pretenden desarrollar otras capacidades. Se considera importante que los alumnos vayan habituándose a tener que tomar decisiones a la hora de afrontar un problema, a organizar el trabajo en grupo y finalmente a presentar los resultados de su trabajo utilizando diferentes técnicas de comunicación. También se hace hincapié en diferentes fases del curso en la necesidad de autoevaluar el trabajo que se está desarrollando.

2.- Presentaciones de los trabajos.

Además del objetivo fundamental de dominar los contenidos de la asignatura, el de la presentación de los trabajos es uno de los objetivos fundamentales que se han planteado en este curso, con el fin de lograr que los alumnos se familiaricen con las diferentes técnicas de presentarlos. A lo largo del curso todos los alumnos habrán tenido que realizar la presentación antes sus compañeros y profesores de al menos uno de los cuatro proyectos mediante un trabajo escrito, un póster y una presentación oral.

En el caso de un trabajo escrito se les pide que escriban un artículo de ocho páginas con el formato habitual en la mayor parte de las revistas científicas y técnicas: título, autores y resumen, seguido por el texto a doble columna. Para facilitar el trabajo de los alumnos se ha preparado un fichero que les puede servir de plantilla y que se muestra en el Anexo 1. La experiencia de estos dos años ha mostrado que el principal problema con el se encuentran los alumnos es el cumplir con la restricción en el número

de páginas; es decir, adquirir la suficiente capacidad de síntesis de lo estudiado o elaborado y explicarlo de forma precisa y con concisión.

En otros casos, los estudiantes deben preparar un póster con unas dimensiones aproximadas de 84 cm x 60 cm. A lo largo del curso se organizan algunas sesiones de presentación en las que cada grupo expone su trabajo ante los demás y discute con el resto de estudiantes los resultados presentados. Es una experiencia similar a la de una sesión de pósters en un congreso científico. Los alumnos se han encontrado con problemas similares a los de la presentación escrita.

Y finalmente también deben realizar una presentación oral (con herramientas como el Power Point) de alguno de los trabajos. Las presentaciones deben tener una duración de 20 minutos, con 10 minutos adicionales para discusión con el resto de estudiantes y, eventualmente, con los profesores. Se ha detectado en algunos casos que las diapositivas son extremadamente densas en información y con cierta frecuencia se leen.

Este curso se ha introducido una modificación a la hora de evaluar las presentaciones de los trabajos. Una vez realizada la presentación se propone un sencillo cuestionario a todos los grupos sobre el tema de lo tratado. El resultado del grupo encargado de la presentación servirá de referencia, y el objetivo final es que el resultado del resto de los grupos sea lo más parecido posible a la calificación de referencia. De esta manera se intentan conseguir dos objetivos. El primero es que todos los alumnos tengan una actitud activa ante las presentaciones del resto de los grupos, evitando que la discusión posterior se reduzca a un monólogo entre el grupo presentador y los profesores. El segundo es que los alumnos tengan un retorno para poder analizar lo eficientes que han sido en la tarea de transmitir la información.

Hay que tener presente que durante los proyectos se intenta que todos los grupos hayan podido adquirir unos conocimientos mínimos que permitan poder seguir el tema de las diferentes presentaciones.

3.- Organización del curso.

Al comenzar el curso se forman los grupos de trabajo, preferiblemente con tres estudiantes en cada uno de ellos. Cada grupo deberá afrontar cuatro proyectos a lo largo del curso con la distribución temporal que se muestra en la figura 1.

El proyecto 0 se extiende a lo largo de todo el curso. Desde el punto de vista de los contenidos, este proyecto engloba las prácticas de laboratorio. A cada grupo se le

suministra una probeta de un material metálico y otra de un material cerámico y se les pide que diseñen los experimentos que consideren necesarios para identificar dichos materiales y conocer cuáles son sus propiedades mecánicas.

Los proyectos 1 y 2 son idénticos desde un punto de vista de organización y tienen por objetivo que los estudiantes manejen los conceptos fundamentales que les van a permitir entender el comportamiento de los materiales frente a una sollicitación mecánica. En el primer caso nos centramos en los mecanismos de deformación y en el segundo caso en los mecanismos de fractura. Cada uno de estos proyectos dura aproximadamente cinco semanas.

Y finalmente, en el tercer proyecto se les plantea un caso práctico en el que deben elegir los materiales más adecuados para una aplicación determinada, en la que los criterios fundamentales de la elección se basarán en las propiedades mecánicas del material. La duración de este proyecto es de un mes.

Teniendo presente que es una asignatura de primer cuatrimestre y que después de las vacaciones de Navidad solamente hay como mucho dos semanas de clase antes de los exámenes, se intenta que la mayor parte del trabajo se haya realizado antes de Navidades y que para después queden tareas de preparación de presentaciones. Conviene tener en cuenta también que al estar en vísperas de exámenes la participación de los estudiantes durante el mes de enero decrece de forma considerable ya que, como es lógico, su prioridad es la proximidad del resto de exámenes.

Para favorecer el seguimiento del trabajo de los grupos se les pide que de cada

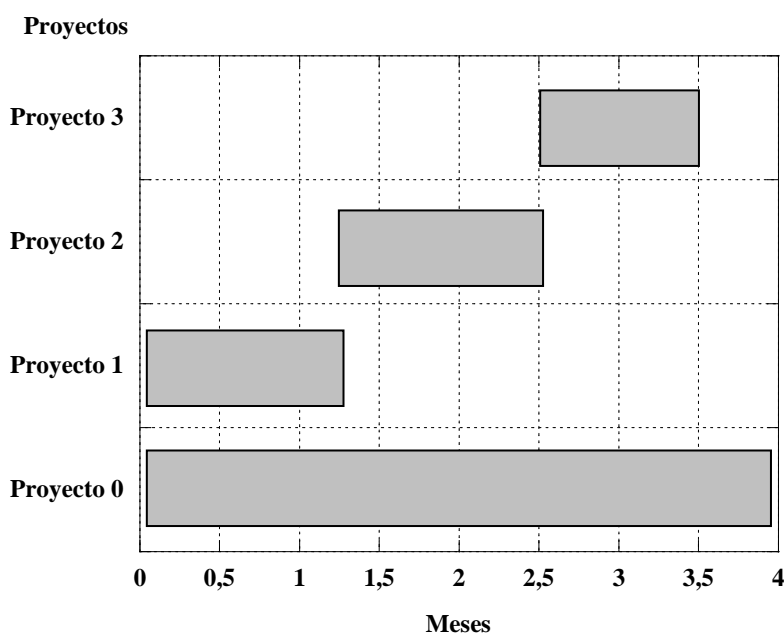


Figura 1: Distribución temporal de los diferentes proyectos.

reunión hagan una pequeña acta (ver anexo 2) en la que queden reflejados: momento de la reunión, asistentes, objetivos alcanzados en el trabajo realizado desde la última reunión, objetivos a alcanzar hasta la siguiente reunión y fecha de la siguiente reunión.

A continuación se describen los contenidos y alcance de los cuatro proyectos.

3.1.- Proyecto 0: Caracterización de materiales.

Conceptualmente, con este proyecto se pretende abordar los mismos objetivos que conllevan las prácticas de laboratorio en una metodología tradicional, aunque recae sobre el alumno toda la responsabilidad de la toma inicial de decisiones.

Como ya se ha indicado, una vez que se han formado los grupos de trabajo, se proporciona a cada grupo dos probetas de materiales diferentes, en un caso un material cerámico y en el otro uno metálico. El problema que se les plantea es simplemente que al final del curso deben haber identificado esos dos materiales y haberlos caracterizado mecánica y estructuralmente. En el fondo se les está pidiendo a los alumnos que diseñen sus prácticas de laboratorio.

Se convoca una primera reunión con los diferentes grupos para que, a modo de tormenta de ideas, propongan todos aquellos ensayos que consideren oportunos, y, seguidamente, se empieza a hacer una primera selección en función de la información que esperen que se pueda obtener de cada uno de ellos.

Tras esta primera selección deberán ver en qué instalaciones de las que hay disponibles en la Universidad pueden realizar dichos ensayos. En unos casos estas instalaciones corresponden a Servicios de Apoyo a la Investigación de la propia Universidad y en otros casos a máquinas de ensayos instaladas en diversos laboratorios. Obviamente, una tarea del profesor responsable es haber contactado previamente con los responsables de todos estos servicios e instalaciones con dos objetivos fundamentales. El primero es informarles de las actividades y concretar con ellos qué información debe darse a los estudiantes en el caso de que acudan con el fin de utilizar dichos servicios. En segundo lugar se debe tener prevista la posibilidad de que en algunos de estos equipos puedan existir listas de espera de varios meses. Generalmente los estudiantes acaban utilizando el servicio de Microscopía Electrónica de la Universidad de Zaragoza, y las instalaciones de caracterización mecánica del Departamento de Ciencia y Tecnología de Materiales y Fluidos y las del Departamento de Ingeniería Mecánica.

Después de que se han informado de dónde pueden hacer los ensayos y cuáles

son las características de las máquinas con las que los pueden realizar, deben comenzar a diseñar los experimentos. Todos estos ensayos están normalizados y la primera tarea de cada grupo es estudiar la norma que fija cada ensayo. Generalmente se acuden a las normas de la Asociación Española de Normalización y Certificación, UNE, (disponibles en la Universidad) o a las normas de la American Society for Testing and Materials, ASTM. En este caso, si el grupo de estudiantes es capaz de convencer al tutor de que es necesario adquirir una norma ASTM en particular, se adquiere por Internet. Este hecho ha permitido que en los tres años en que se ha utilizado esta metodología se haya logrado crear una pequeña base de normas de ensayos mecánicos de materiales cerámicos y metálicos.

Con las normas, los estudiantes deben definir la forma de la probeta en función de lo que fije la norma y los rangos de medida de cada una de las máquinas disponibles. Como los plazos de realización de trabajos en el Taller de Mecánica de Precisión de la Universidad de Zaragoza suelen ser de más de dos meses, el profesor debe disponer de una serie de probetas mecanizadas previamente con el fin de poder entregarlas a los alumnos cuando acuden desesperados porque les han dicho que la probeta que han llevado para que se la mecanicen se la van a entregar después de Navidades. Obviamente esto requiere que sea necesario tener previsto todos los ensayos que pueden querer realizar los estudiantes, pero solamente se les entregan las probetas una vez que ellos las han diseñado y han pedido que se la fabriquen.

Finalmente, la norma también les sirve a los estudiantes para determinar si el ensayo que han realizado es válido o no. Deberán realizar los cálculos necesarios y estudiar si el valor del parámetro que han medido es admisible o si por el contrario han de repetir el experimento.

Con todos los resultados obtenidos, los diferentes grupos deben realizar un póster. Todos estos trabajos se imprimen y se exponen en la última clase del curso. Los diferentes grupos analizan el trabajo de los demás y mediante discusión se determina si la caracterización es completa y coherente, o si se ha dejado algún aspecto relevante sin estudiar.

Un grupo normal acaba realizando observaciones con el microscopio electrónico de barrido, ensayos de tracción en los metales y de flexión por tres puntos en la cerámica, ensayos de dureza y microdureza, ensayos de tenacidad a la fractura, y ensayos de fatiga en metales.

Desde un punto de vista formativo, creemos que la experiencia es sumamente

positiva. No es la típica práctica en la que el alumno acude al laboratorio y va realizando los ensayos que le indica un guión, siguiendo todos los pasos al pie de la letra. En este caso ha tenido que definir el ensayo, saber qué información quiere obtener de él y, en función de ello, diseñarlo. Ha tenido que tomar decisiones en diferentes momentos y al final sabe en todo momento lo que quiere hacer en el laboratorio; finalmente debe decidir si lo que ha medido es lógico o no.

3.2.- Proyectos 1 y 2: Deformación y Fractura de materiales.

Estos dos proyectos tienen por objetivo familiarizar a los alumnos con los principales conceptos del curso. Cada uno de ellos tiene una duración aproximada de cinco semanas con una distribución temporal aproximada como la mostrada en la figura 2. Los proyectos se han desarrollado en tres etapas.

Etapas de los proyectos 1 y 2

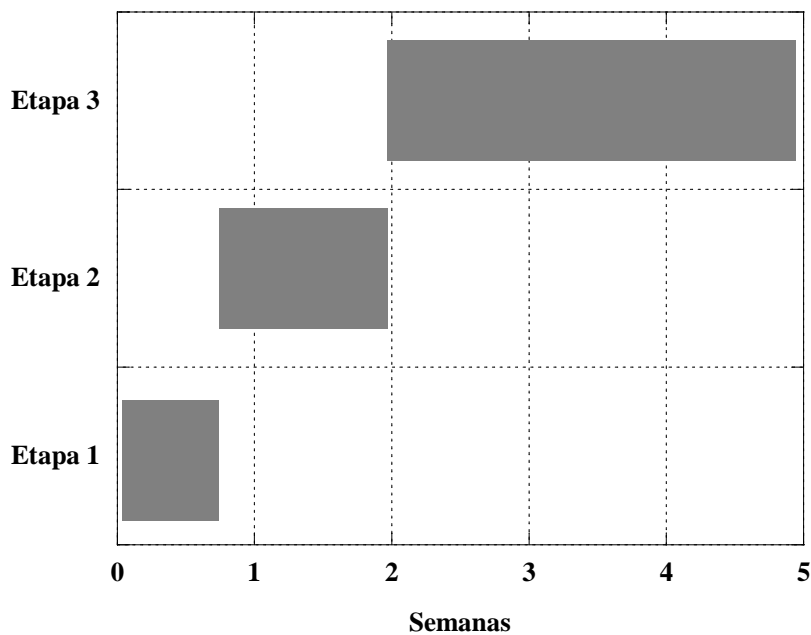


Figura 2: Distribución temporal en los proyectos 1 y 2

Etapa 1: Repaso de conceptos

En una primera hora se presentan a los estudiantes los principales conceptos que ya se han estudiado en cursos anteriores y que son importantes para comenzar a trabajar en proyectos de deformación y fractura de materiales. Los estudiantes disponen de un par de días para trabajar estos conceptos y al final de los mismos cada alumno debe responder a un pequeño formulario de aproximadamente cuatro preguntas de forma individual.

Y a partir de ese instante se comienza con el trabajo en equipo. A cada grupo se les presentan todas las respuestas que se ha obtenido a cada pregunta y se pide que los grupos analicen las diferentes respuestas recibidas. Para ello se ha creado un foro en el que se solicita que cada grupo vaya presentando sus aportaciones para que sirvan de base de discusión entre los diferentes grupos. En la figura 3 se muestra un esquema de estas actividades.

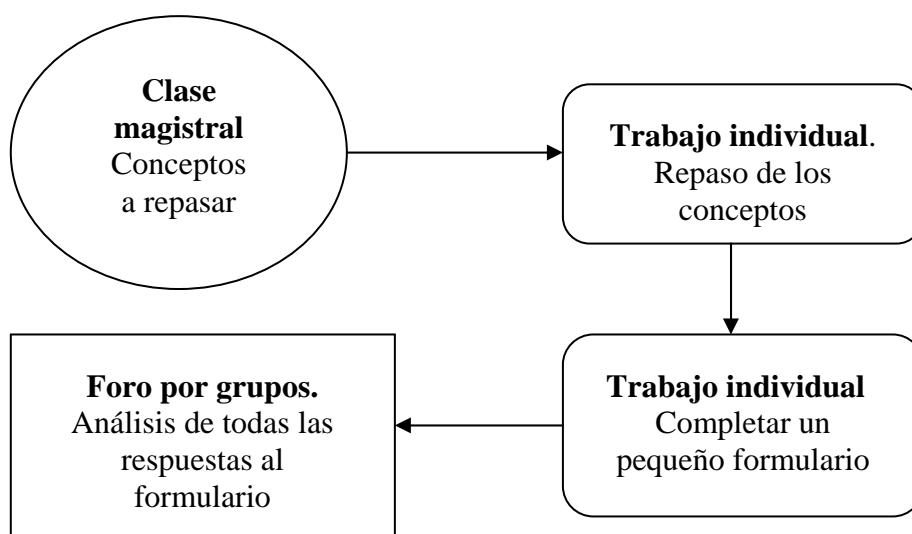


Figura 3: Esquema de las tareas a realizar durante la primera etapa de los proyectos 1 y 2.

Etapa 2: Conceptos fundamentales

Esta segunda etapa, esquematizada en la figura 4, dura hasta finalizar la segunda semana. En ella los estudiantes van a profundizar en algunos conceptos fundamentales de los dos temas de trabajo. De una forma análoga a la etapa anterior, en una clase inicial se les presenta a los grupos los conceptos fundamentales que deben manejar. Después de dos días de trabajo se da acceso en el ADD a una prueba tipo test con diez preguntas fundamentales. Cada grupo debe responder a estas diez preguntas y una vez que logrado responderlas correctamente pueden acceder al caso concreto que se les va a presentar. Una misión importante para trabajar con los grupos es analizar los errores que han cometido durante los primeros intentos de realización de la prueba tipo test. El objetivo fundamental de esta segunda etapa es que todos los estudiantes hayan adquirido una base mínima necesaria para abordar cualquiera de los casos.

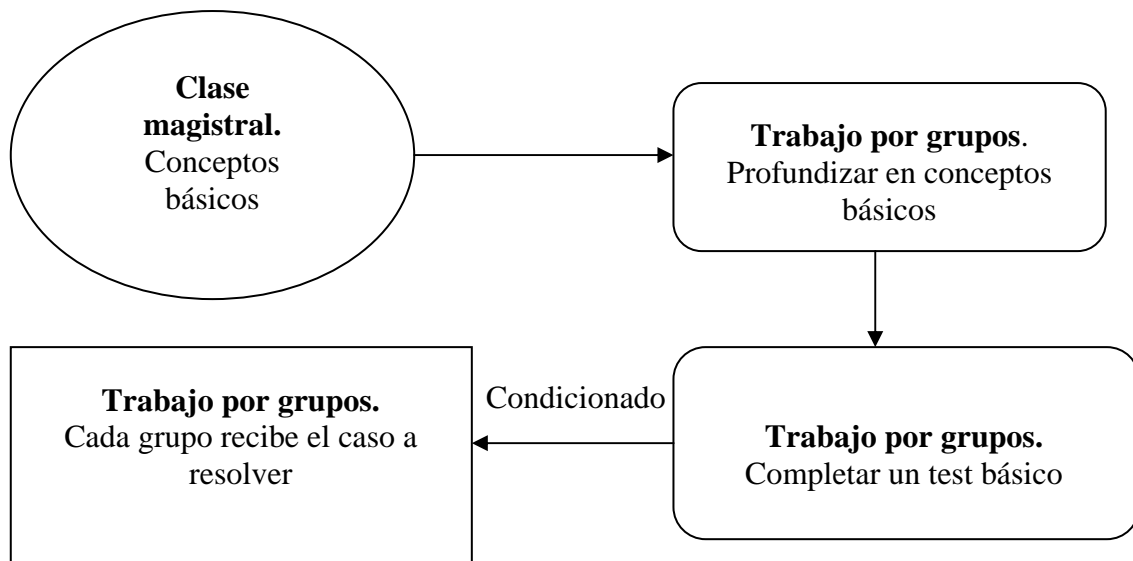


Figura 4: Esquema de las tareas a realizar durante la segunda etapa de los proyectos 1 y 2.

Etapa 3: Estudio de casos prácticos

Finalmente, para finalizar el proyecto, a cada grupo se le propone un pequeño problema con interés tecnológico al que cada grupo debe encontrar las respuestas adecuadas. En la presentación de los casos, a los grupos se les muestra el interés del tema propuesto y se le dan unas directrices para poder abordar el problema. Algunos ejemplos de los propuestos en el caso del proyecto de deformación de materiales son los siguientes:

Ejemplo 1: Deformación del Magnesio:

Las aleaciones de magnesio tienen un gran interés industrial por su baja densidad, lo que permite obtener componentes con una gran reducción de peso. Sin embargo, el magnesio tiene ciertos problemas a la hora de procesarlo. Este hecho, junto con su alta reactividad con el oxígeno, ha ocasionado que no sean directamente aplicables los métodos de conformado que son comunes en otros metales como el cobre. ¿Por qué no podemos fabricar una lámina de Mg por laminado? ¿Cómo se puede mejorar la resistencia del Mg?

Temas a analizar

* Profundizar en la relación que existe entre estructura cristalina y mecanismos de deformación plástica en sólidos cristalinos.

- * Entender el comportamiento tan peculiar del Mg frente a procesos que requieren una alta deformación plástica.
- * Otras alternativas para conformar el Mg.
- * Proponer cómo se podría fabricar una plancha de aleación de Mg para el fuselaje de un avión de gran tamaño.

Ejemplo 2: Laminación de aceros estructurales:

Los aceros laminados en caliente poseen un valor de ductilidad (a temperatura ambiente) distinto en el sentido longitudinal que en el sentido transversal al de laminación. Este efecto es debido a la presencia de unas segundas fases presentes en los aceros a elevadas temperaturas (los aceros se conforman en caliente en estado completamente austenítico).

Temas a analizar

- * ¿Cuál es la influencia de segundas fases sobre la ductilidad, tanto en caliente como en frío, de las aleaciones metálicas?
- * ¿Qué segundas fases se encuentran presentes en los aceros, que influyen en la ductilidad en el sentido indicado en la introducción a este proyecto? ¿Qué otra propiedad relevante se ve también grandemente influida, de la misma forma, en los aceros laminados? ¿Por qué?
- * Industrialmente se consigue reducir esas diferencias de ductilidad entre las probetas longitudinales y transversales en los aceros laminados. Averigüe los procedimientos que se aplican y su justificación.

Ejemplo 3: Superplasticidad

Los materiales superplásticos empezaron a tener interés en los años 70 y 80. Su implantación todavía no se ha desarrollado lo suficiente por la gran dificultad de encontrar métodos de conformado adecuados y a un coste razonable. Todavía no se ha logrado encontrar el método de desarrollar todo su potencial. Hoy en día se utilizan estos materiales en la industria aeroespacial principalmente, aunque se están desarrollando aplicaciones en la industria del automóvil, de transporte, construcción o deportiva entre otros campos.

Temas a analizar

- * Conocer en qué consiste la superplasticidad y los posibles mecanismos que la explican.

- * Conocer cuáles son los materiales que presentan el comportamiento superplástico.
- * Conocer cómo se pueden procesar estos materiales.
- * Proponer cómo se podría fabricar el cuadro de la bicicleta con estos materiales.

En el seguimiento del trabajo de cada grupo hay que detectar posibles lagunas que vayan apareciendo en el trabajo de los alumnos y que les resulte especialmente complicado. En esos momentos convendrá impartir una clase magistral bien a un grupo en particular o bien a toda la clase con el objetivo de afianzar estos conceptos.

3.3.- Proyecto 3: Casos prácticos.

Este tercer proyecto se basa en analizar una aplicación determinada. Un ejemplo concreto se muestra en el anexo 3. Los temas se eligen para complementar los casos analizados en los proyectos 1 y 2. A diferencia de los proyectos 1 y 2, en este caso a los grupos se les presenta el caso desde el principio y se centran en el mismo. Los dos proyectos anteriores han debido servir para que los alumnos hayan asimilado los conceptos fundamentales que pueden necesitar para abordar estos casos. En este proyecto, el trabajo del profesor se tiene que centrar en tutorizar el trabajo, ayudando a que los grupos vayan avanzando con la velocidad adecuada.

Desde el principio se les muestra a los grupos la importancia tecnológica de los casos propuestos y se intenta que esta idea esté presente en todas las etapas de trabajo. Este hecho es importante para incentivar el interés de los alumnos por su trabajo.

4.- Evaluación de la experiencia.

Aspectos generales.

- Las nuevas metodologías de enseñanza/aprendizaje son promovidas por las directrices del Espacio Europeo de Educación Superior, y que se basa en que el alumno debe *aprender a aprender*. Este objetivo se cumple en la metodología de *Aprendizaje basado en proyectos*.
- Tanto los estudiantes como los profesores que hemos participado en esta experiencia de 3 años hemos tenido que realizar un esfuerzo de adaptación a este cambio pedagógico. Los alumnos deben hacerlo en un cuatrimestre, y su experiencia previa es prácticamente nula, por lo que el esfuerzo que deben realizar es más exigente.
- Para los profesores nos ha supuesto aplicar la *teoría* a la realidad de un grupo. El

romper con el sistema tradicional de enseñanza es un cambio radical, pero con los años vamos mejorando el procedimiento completo. La dificultad inicial de ajustar el tiempo del que disponen los alumnos para cada proyecto con lo que se les demanda que hagan se ha ido mejorando año a año. No obstante, y dependiendo de cada grupo, ha habido y hay desajustes, bien por la dificultad, en algún caso, de acceder fácilmente a la información requerida, bien por la dificultad del tema del proyecto propuesto (eso es un problema del profesor, que debe ajustar mejor esa dificultad para que sea salvable en el tiempo previsto), o bien por una menor dedicación del grupo a la labor de búsqueda de dicha información, ya que deben coordinarse entre ellos y reunirse con cierta frecuencia. Ni que decir tiene que los profesores estamos en tutoría a disposición de los grupos para su orientación.

- Este tipo de metodología ha sido, en general, bien acogida por nuestros estudiantes de los dos últimos años de la carrera. Para ellos ha supuesto una carga de trabajo fuerte, tanto personal como en grupo, con el “inconveniente” de la estrechez de los plazos de los distintos proyectos. Por el contrario acaban satisfechos por el hecho de haber sabido encontrar soluciones a los problemas planteados y tener la sensación, que es una realidad, de que han asimilado mucho mejor los conceptos.

Aspectos concretos.

- En cuanto a las presentaciones de los trabajos se ha observado que a los alumnos les cuesta ceñirse a los tiempos y espacios asignados a cada tipo de presentación: artículo, póster o presentación en PowerPoint. Como consecuencia de ello, se les dan recomendaciones para mejorar esa transmisión de información antes de que las preparen. Cada tipo de presentación tiene sus peculiaridades específicas que deben comprender los grupos antes de su elaboración.
- También en relación con las presentaciones, en los cursos anteriores se ha observado una casi nula participación de los grupos “oyentes” en la discusión posterior. Este curso se pretende potenciarla con las propuestas mencionadas en el texto anterior y valorar esa participación.
- Los estudiantes se familiarizan con la búsqueda de información, no solamente en Internet, sino en las bibliotecas. Aprenden a discutir unos con otros en cada grupo sobre los conceptos que se cuestionan en cada Proyecto, y a extraer conclusiones. Las horas de clase se emplean en parte a comentar con ellos sus progresos y aclarar

mediante discusión con ellos, los aspectos más dudosos. En algunos casos se resuelve sobre la marcha esa dificultad; en otros se dirige al grupo hacia la fuente o fuentes adecuadas para su solución.

- El empleo de bibliografía en inglés, que es la mayoritaria que se emplea, obliga al conocimiento de palabras técnicas que no aparecen en los diccionarios habituales. Para ayudar a los alumnos, en el ADD se coloca un glosario inglés-español de términos frecuentes en materiales.

Referencias

[1] J. Busfield, T. Peijs, “Learning Materials in a Problem Based Course”, en Materials Education, 12 Guides for lecturers, UK Centre for Materials Education, www.materials.ac.uk/guides.

[2] Teaching development, UK Centre for Materials Education, www.materials.ac.uk/teachingdev/index.asp

[3] Problem Based Learning, Department of Materials, University Queen Mary de Londres, <http://www.materials.qmul.ac.uk/pbl>

[4] Database of resources, UK Centre for Materials Education, www.materials.ac.uk/guides/database.asp.

[5] Metallurgy and Materials case studies, University of Birmingham, www.cases.bham.ac.uk.

ANEXO 1: Fichero plantilla para la realización del trabajo escrito.

Título: Claro y conciso, tiene que atraer

N. Fernández, E. López, Dirección de contacto.

Resumen: Un resumen corto, de aproximadamente 150 palabras en el que se exponga con claridad los objetivos y principales resultados obtenidos en el trabajo

1.- Introducción

A lo largo de vuestra etapa universitaria vais a tener que presentar varias veces trabajos escritos. Adquirir habilidades para comunicar vuestro trabajo es de gran importancia, y escribir es una de las formas para hacerlo. Para algunas personas, escribir no es fácil.

Hay que preparar un artículo con los formatos habituales en trabajos científicos. La extensión máxima es de ocho páginas en un formato de dos columnas.

La lista de referencias se incluirá al final del trabajo con una numeración del tipo [1]. A todas ellas habrá que referirse a lo largo del texto indicando en ese momento el número de la referencia [2-5].

2.- Preparación del trabajo

Considera el propósito de vuestro artículo y del trabajo realizado. ¿Qué queréis comunicar y cómo vais a presentar vuestros datos?

Piensa en quien va a leer tu trabajo. Ello te permitirá decidir cuál es el nivel del trabajo que debes preparar ¿Cuánto conocen del tema los que van a leer el trabajo?

Comienza anotando toda la información e ideas que tienes sobre el tema.

Analiza el tiempo que tienes para finalizar el trabajo y hazte un plan de trabajo.

Busca la información necesaria. Las fuentes de información pueden ser: Libros, Internet, revistas, datos de los experimentos que hayáis podido realizar, documentales, entrevistas y conversaciones que hayáis realizado.

A lo largo de tu trabajo, toma notas de todo lo que hayas leído o investigado con el fin de que siempre sepas de dónde has obtenido un dato determinado.

3.- Organización y escritura

Considera la estructura del trabajo. Hay diferentes estilos de trabajos.

Una vez que has decidido la estructura del trabajo, organiza todas tus notas, fuentes, resultados y cualquier otra información relevante en una estructura tipo esqueleto. Agrupa la información en apartados y subapartados. Todo esto puede facilitarte el

desarrollar el trabajo de una forma ordenada y lógica.

Analiza la organización del trabajo y asegúrate de que es consistente con el formato solicitado.

Una vez que hayas escrito el borrador, revísalo y trabaja sobre él. Comprueba que no hay errores gramaticales ni faltas de ortografía.

Si introduces figuras y gráficas, asegúrate de que están todas numeradas, que has puesto el pie de figura correspondiente y que están colocadas en el lugar adecuado.

Cuando utilices materiales que no es tuyo, incluye la referencia de donde lo has obtenido.

4.- Figuras y tablas

Todas las figuras deben estar referidas en el texto comentando la información que se ha querido presentar con esa figura.

Si es posible, es preferible que las figuras estén al principio o final de las columnas.

Cada tabla y figura deben estar acompañadas de un pie de figura.

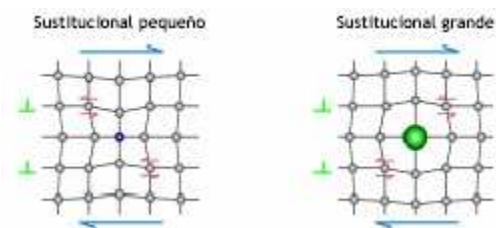


Fig. 6 Esquema de la posición de los átomos en el momento del deslizamiento

Referencias

- [1] Hertzberg, Richard W., *Deformation and fracture mechanics of engineering materials*, Ed. John Wiley & Sons Inc., 1996.
- [2] Courtney, Thomas H., *Mechanical behavior of materials*, Ed. Mc Graw Hill, 1990.
- [3] Callister Jr., William D., *Introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales*, Ed. Reverté, S.A., 1995.

- [4] Sánchez J, Pérez A. New developments of SCFCL (2001) Supercond. Sci. Technol. 23, 22-33
- [5] Sánchez P en Handbook on applied superconductivity (2003) editado por A. Martínez, Ed. Atalaya, Madrid, pp 12-30

ANEXO 2: Ejemplo típico de acta de reunión de los grupos.

ACTA DE REUNIÓN DE GRUPOS

GRUPO:	Asistencia	Motivo de no asistir
1.-	SÍ <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	
2.-	SÍ <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	
3.-	SÍ <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	
Lugar, fecha y hora de la reunión:		
Revisión de las tareas realizadas desde la última reunión:		
Objetivos para la siguiente reunión:		
1.-		
2.-		
3.-		
Lugar, fecha y hora de la siguiente reunión:		

ANEXO 3: Ejemplo de un proyecto propuesto para el caso de ejemplos prácticos.

Materiales con memoria de forma



<http://web.mit.edu/newsoffice/2002/lander-suture.html>

En 2002 un grupo de investigadores del MIT presentaron un hilo de sutura fabricado con materiales poliméricos y que era capaz de anudarse por sí solo. Este descubrimiento abría muchas posibilidades en el campo de la cirugía endoscópica. Era una de las principales aplicaciones de los materiales con memoria de forma. Se han presentado materiales en donde la transición se puede activar con luz en lugar de con temperatura.

En 2004 otro grupo de investigadores presentó un material compuesto de matriz polimérica reforzado con fibra de carbono que presentaba también memoria de forma. Una posible aplicación podría ser la fabricación de grandes estructuras para el espacio que necesitan estar muy empaquetadas para su transporte y después deben desplegarse en el espacio.



<http://www.ultimateniti.com/safety.cfm>

Algunas empresas están comercializando duchas inteligentes que cuando el agua alcanza demasiada temperatura cierran la salida de agua.

Temas a considerar en el trabajo:

- Materiales que presentan la propiedad de la memoria de forma.
- Fenomenología de materiales metálicos con esta propiedad.
- Fenomenología en otros tipos de materiales.
- Principales aplicaciones de los materiales con memoria de forma en medicina
- Otras aplicaciones.