

Docencia de la gestión de la calidad en PFC experimentales

J. Solà, J. Jorba, J. Llumà

*Dpt. de Ciència dels Materials i Enginyeria Metal·lúrgica.
EUETIB. Universitat Politècnica de Catalunya
Comte d'Urgell 187, 08036 Barcelona, España
Telf: 934137302, Fax: 934137401, Joan.Sola.Saracibar@upc.edu*

Resumen

Aunque los objetivos y la temática del Proyecto Fin de Carrera (PFC) de Ingeniería Técnica Industrial están descritos en la normativa de forma genérica, no es habitual que estos PFC incidan en la organización de los laboratorios, en la aplicación de normas, en la redacción y aplicación de protocolos, en la toma de decisiones y en la evaluación de costes. No obstante, éste es un campo necesario en los laboratorios de I+D+i o de control de calidad. En el presente trabajo se analiza la experiencia realizada en nuestros laboratorios de investigación de la EUETIB durante los últimos 5 cursos académicos. En este periodo los estudiantes han planificado, desarrollado y ejecutado partes pautadas de la investigación. Para ello han utilizado protocolos de actuación, han evaluado protocolos en fase de validación y/o han propuesto protocolos para nuevas tareas. Normalmente se ha establecido un sistema de trabajo por parejas sénior-júnior entre estudiantes.

Palabras Clave: Gestión de la calidad; Formación en competencias.

Abstract

Although the objectives and the thematics of the Final Project (PFC) of "Ingeniería Técnica Industrial" (equivalent to BEng) are described in the normative in a generic way, it is not habitual that these PFC impacts in the organization of the laboratories, in the application of standards, in the writing and application of protocols, in the taking of decisions and in the evaluation of costs. Nevertheless, this is a necessary field in the R+D+i or quality control laboratories.

In the present work is analyzed the experience carried out in our research laboratory in the EUETIB during the last 5 academic courses. In this period the students have planned, developed and executed prescribed parts of the research. To do those tasks they have used protocols, have evaluated protocols in validation stage and/or proposed protocols for new tasks. Usually a senior-junior pair work system has settled down between students.

Keywords: Quality management; Formation in skills.

1. Introducción

De forma tradicional los estudios de enseñanzas técnicas culminan con la "elaboración de un proyecto final de carrera como ejercicio integrador o de síntesis" [1-4] que busca la utilización y puesta en práctica de aquellos conocimientos y competencias, formalmente definidas o no, que el estudiante ha adquirido durante su formación previa. La temática sobre la que puede versar este informe final es necesariamente

amplia y queda recogida en la normativa que rige los planes de estudio actuales como aquellas temáticas asociadas a “todas las áreas (de conocimiento) que figuran en el título” [1-4]. La misma normativa contempla que este proyecto final de carrera (PFC) sea de carácter práctico y asigna una extensión mínima de 6 créditos LOU que en el caso de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) es de 22,5 créditos distribuidos en dos cuatrimestres, es decir, el 10% de la titulación de Ingeniería Técnica Industrial. Por tanto, el legislador y la UPC apuntan hacia un PFC integrador, práctico y de un peso específico no menor.

Por otra parte, el Club de Gestión de Calidad apunta la necesidad de una mayor formación en liderazgo, en trabajo en equipo i en gestión de calidad sin abandonar el nivel de formación alcanzado en los temas más técnicos [5]. La normativa sobre los nuevos estudios de Grado en Ingeniería Industrial establece la necesidad de estructurar la formación en competencias. En este mismo sentido, la UPC se ha posicionado al establecer entre otros el trabajo en equipo y la sostenibilidad como competencias transversales a desarrollar en los nuevos estudios de Grado en Ingeniería [6]. Por tanto, la Empresa, el legislador y la UPC apuntan hacia la formación en liderazgo, trabajo en equipo, gestión de calidad i sostenibilidad. Además, el Club de Gestión de Calidad y la UPC establecen tres niveles de consecución en cada una de estas competencias siguiendo una taxonomía de Bloom simplificada.

Finalmente, la implantación generalizada de sistemas de calidad y la necesidad de proyectos de investigación, desarrollo y innovación (I+D+i) que aporten valor añadido específico a la empresa frente a la competencia derivada del proceso de globalización son, a criterio de los autores, una razón más que suficiente para justificar la formación en temas prácticos de gestión de calidad en laboratorios a nivel intermedio de los antes mencionados. Es decir, en la propia organización de los laboratorios, en la aplicación de normas sobre materiales y ensayos, en la redacción y aplicación de protocolos, en la toma de decisiones y en la evaluación de costes. Aunque, este aspecto de la formación queda recogido en las directrices de los planes de estudio de Grado en Ingeniería, donde se plantea la posibilidad de realizar prácticas en empresas y en laboratorios de investigación, y en la Guía para la evaluación de las competencias

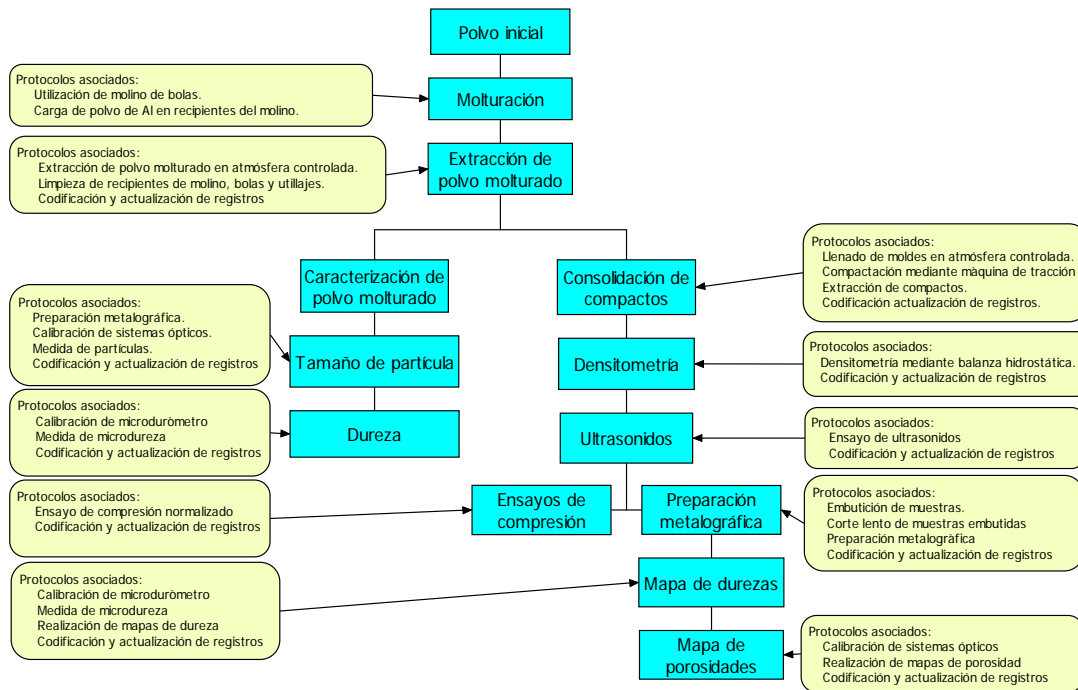


Figura 1. Esquema de las tareas de investigación realizadas y protocolos asociados.

en los laboratorios de ciencias y tecnología, recientemente publicada por la “Agència per a la Qualitat del Sistema Universitari Català” (AQU) [7], no parecen quedar explícitamente recogidos los aspectos relativos al análisis y aplicación de normas específicas, ni la redacción de protocolos de tareas.

En el presente trabajo se presenta y analiza la experiencia realizada en los laboratorios que el grupo de investigación PROCOMAME [8] tiene en la Escola Universitària d’Enginyeria Tècnica Industrial de Barcelona (EUETIB) y abarca los últimos 5 cursos académicos. Durante este periodo los estudiantes que han participado han realizado un PFC de carácter experimental inscrito en los proyectos de investigación del grupo y han planificado, desarrollado, ejecutado y analizado los resultados de partes pautadas de esa investigación. Para ello han utilizado los protocolos de actuación, de calibración y de medida ya existentes, han evaluado la bondad de protocolos en fase de validación y/o han propuesto protocolos para nuevas tareas. Siempre que ha sido posible se ha establecido un sistema de trabajo por parejas sénior-júnior, de modo que el estudiante experimentado (segundo cuatrimestre de PFC) es el mentor de un estudiante novel

(primer cuatrimestre de PFC) y éste pasa a ser el mentor de un nuevo estudiante novel durante el siguiente periodo.

2. Parte experimental.

La presente experiencia se ha venido desarrollando desde el primer cuatrimestre del curso 2004-2005 y, a día de hoy, han intervenido 22 estudiantes que han o están realizando su PFC y 3 profesores que han actuado como directores de proyecto. Todos estos PFC se enmarcan en un proyecto de investigación de mayor alcance que el grupo está desarrollando desde 2002 y que tiene por objetivo la síntesis y caracterización de materiales metálicos de tamaño submicrométrico o nanométrico por deformación plástica severa y su caracterización. De este proyecto general de investigación se han desgajado los métodos de deformación severa por molturación en molino planetario de bolas aplicados al aluminio puro y se ha acotado la caracterización de los materiales obtenidos a aquellas propiedades mecánicas (dureza, resistencia,) o de carácter general (densidad, tamaño de partícula,) que requieren ensayos normalizados. De esta forma se ha adaptado una experiencia de innovación docente previa [9] donde los estudiantes estaban fuertemente motivados por un pequeño proyecto, que les representaba un reto, pero a la vez que veían dentro de sus posibilidades. De este modo se ha enmarcado y delimitado esta experiencia de innovación docente dentro del proyecto de investigación de modo que el proyecto y los PFC pueden coexistir y evolucionar a distinta velocidad. Además se restringe la complejidad de los ensayos. Se desea formar a los estudiantes en la gestión de laboratorios, en la planificación de tareas y en el análisis de resultados más que en técnicas de caracterización específicas (SEM, TEM, DRX, ...) que requieren de unos conocimientos previos que están fuera del nivel y de los objetivos docentes de una titulación de Ingeniería Técnica Industrial. En el cuadro de la figura 1 se agrupan las distintas tareas realizadas (en azul) durante este periodo y los distintos protocolos relacionados con cada tarea (en gris). No se han incluido las tareas de investigación distintas a las que forman parte de esta experiencia docente aunque los estudiantes tenían esta información para enmarcar su PFC en el proyecto global. Esta información ha permitido que los estudiantes acotaran su trabajo

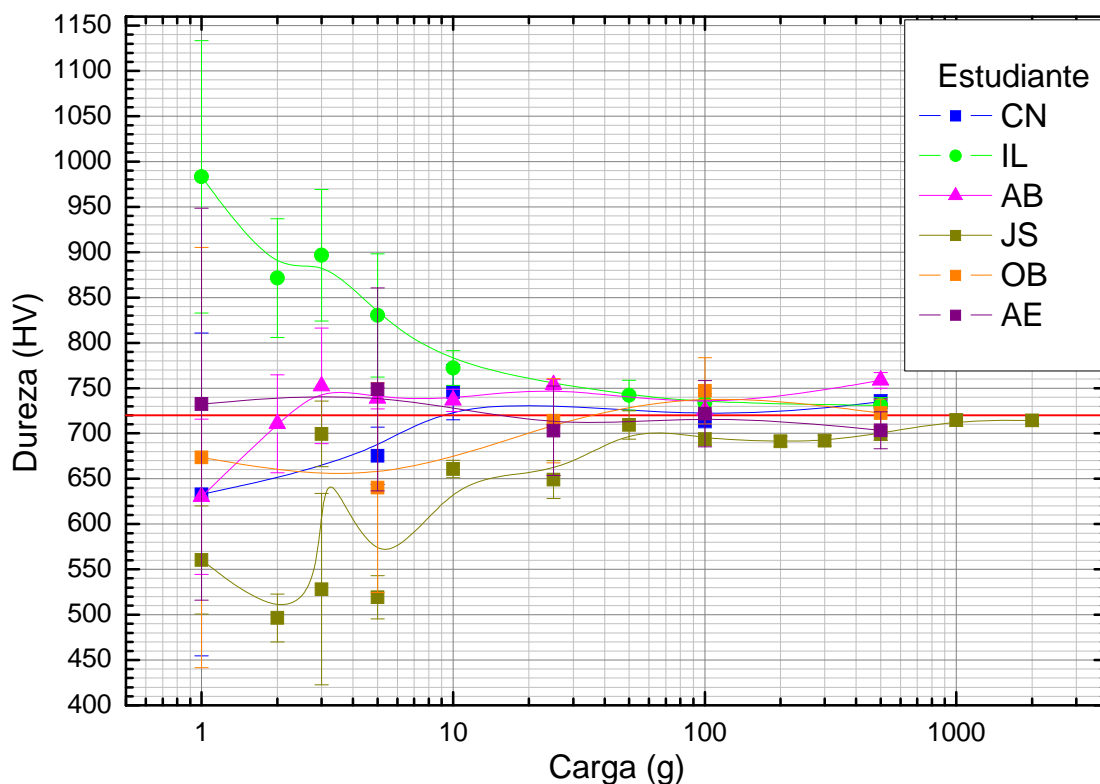


Figura 2. *Dispersión de resultados de dureza en función de la carga aplicada, obtenida por 6 estudiantes con un mismo patrón.*

en el proyecto conjunto y pudieran analizar el papel de su contribución y la importancia de mantener los plazos previstos en la planificación.

En todos los casos se ha hecho hincapié en la necesidad de calibración de los equipos, en la necesidad de garantizar la representatividad estadística de los resultados y en el análisis de errores. Para garantizar esta representatividad diversos estudiantes hacían pruebas ciegas contra patrones conocidos hasta obtener unas condiciones de medida estables y comparables entre ellos. En la figura 2 se muestra la dispersión de resultados de dureza en función de la carga aplicada, obtenida por 6 estudiantes con un mismo patrón.

En la figura 3 se presentan algunos de los resultados experimentales obtenidos durante es período que pretenden mostrar el nivel de complejidad planteado. Estos resultados experimentales abarcan desde la caracterización del polvo de aluminio

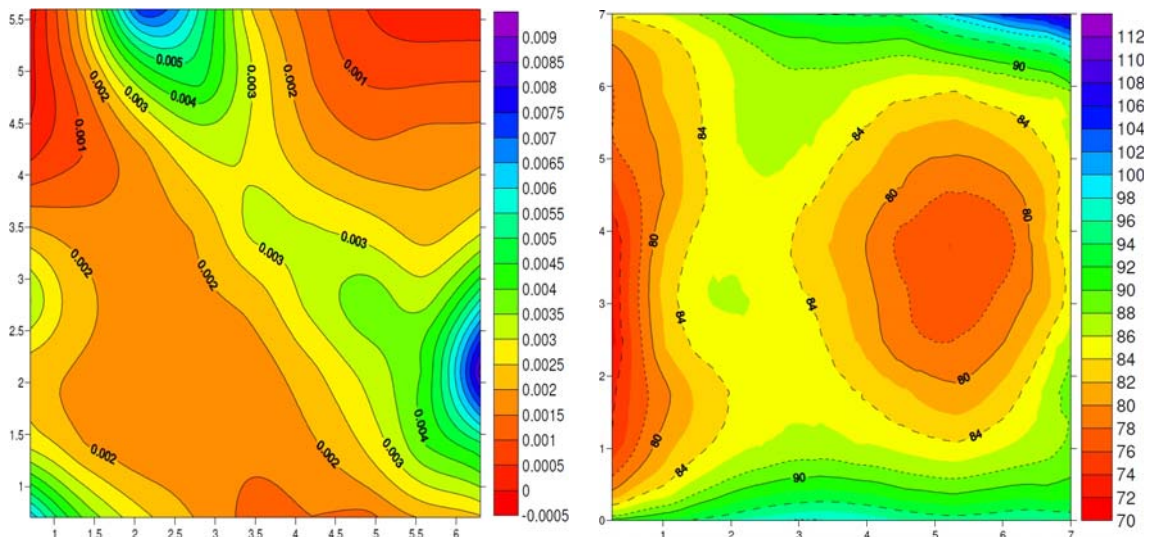
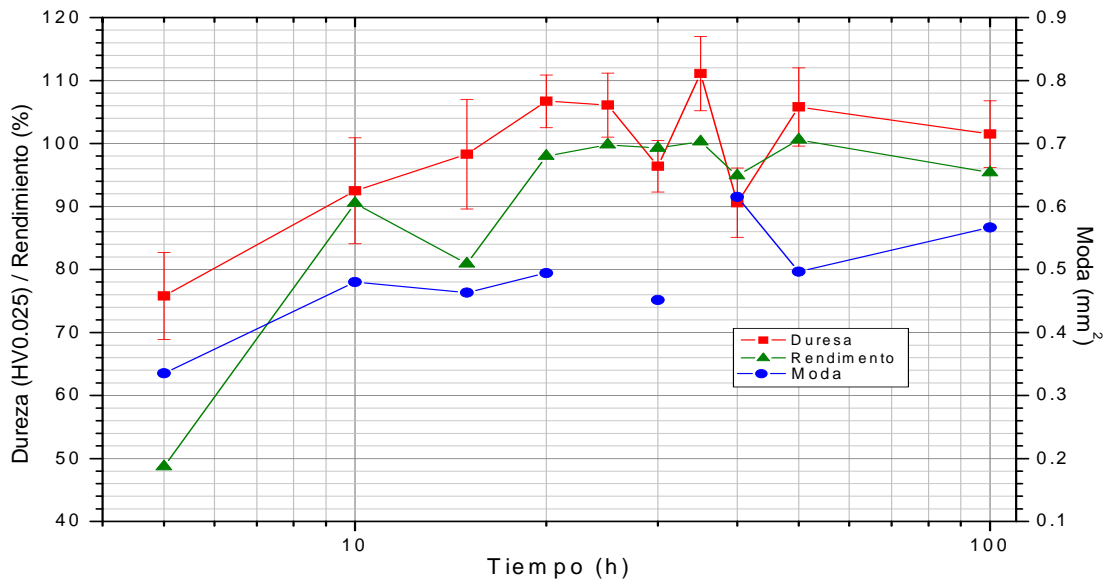


Figura 3. Evolución de las propiedades en función del tiempo de molturación (arriba), mapa de porosidades (abajo derecha) y dureza (abajo izquierda) de un compacto sinterizado a 320°C.

original hasta la determinación de los mapas de dureza y porosidad de los compactos obtenidos a partir del polvo molturado hasta deformación severa.

4. Discusión de resultados

La discusión de los resultados de experiencias de innovación docente suele pasar por el análisis del grado de satisfacción de los estudiantes y/o la percepción de los docentes que intervienen. En este caso los autores prefieren realizar este análisis en base al

grado de consecución de los resultados experimentales del proyecto de investigación, a la bondad de los resultados obtenidos y al grado de eficiencia en la consecución de estos resultados. Ciertamente existe un grado de subjetividad en algunos aspectos de este análisis, pero en todo caso está referenciado a la consecución de unos objetivos externos y a unos niveles de rigor experimental comúnmente aceptados.

El grado de consecución es adecuado a los objetivos previstos en cuanto que se había planificado la realización de este proyecto docente en paralelo a la planificación general del proyecto de investigación, de otro modo se hubieran producido disfunciones. Esta situación está relacionada con el número de estudiantes involucrados en este proyecto docente ha ido variando en el tiempo, de tal manera que ha sido necesario modificar la planificación a corto plazo y adaptarla al número de estudiantes involucrados en cada periodo lectivo. Por otra parte, las tareas encargadas a estos estudiantes han sido las adecuadas a las necesidades y nivel formativo de su titulación y no, o no en primer lugar, a las necesidades del grupo de investigación. Por tanto, las tareas encargadas han tenido un objetivo formativo y una extensión y finalidad adecuada a la consecución del PFC y esto es así en cuanto han sido evaluados positivamente por tribunales formados por personas ajenas a este proyecto docente. No obstante, este es uno de los puntos débiles en este tipo relación entre estudiantes y grupos de investigación que es necesario analizar con detalle para adaptar las necesidades temporales del grupo a la disponibilidad de estudiantes y el nivel y tipología de las tareas asignadas a los estudiantes para que contribuyan a su formación en el ámbito de su titulación y no sólo a los intereses y necesidades del grupo de investigación.

La redacción y validación de los protocolos de actuación ha permitido mantener el rigor experimental deseado y uniformizarlo independientemente del estudiante que ejecuta el ensayo. En este sentido la existencia de estos protocolos ha cubierto las expectativas docentes inicialmente planteadas en tres aspectos importantes.

- Primero, los estudiantes han evidenciado la necesidad de los protocolos si desea asegurar la calidad y la reproducibilidad de los procedimientos y análisis experimentales.

- Segundo, ha roto la idea de pérdida de tiempo asociada a la redacción de protocolos de técnicas conocidas porque cada estudiante se ha beneficiado de protocolos anteriores que le han permitido avanzar de manera autónoma y rápida manteniendo el rigor experimental deseado. En este mismo aspecto, los estudiantes han tenido que validar un protocolo existente o redactar un protocolo de una técnica experimental a partir de la norma de ensayo si ésta existía o del procedimiento establecido y contribuir, por tanto, a la documentación de calidad existente.
- Tercero, ha evidenciado la necesidad de una codificación común y la actualización de los registros comunes de resultados.

El grado de eficiencia en la planificación de tareas, obtención y discusión de resultados es adecuado en el contexto de formación de estudiantes de titulaciones Ingeniería Técnica Industrial que preparan su PFC. No lo es si el análisis se hiciera en el contexto de estudios universitarios más avanzados. Por otra parte, existe una fuerte estacionalidad asociada al periodo lectivo universitario que provoca fuertes rotaciones puntuales de los estudiantes involucrados. Esta rotación ocasiona una estacionalidad en la eficiencia entendida como cantidad de resultados obtenidos por unidad de tiempo. Por otra parte, la organización de estudiantes por parejas sénior-júnior acorta el periodo de toma de contacto y formación inicial, tal como se había comprobado en una experiencia anterior [10], pero sigue existiendo una estacionalidad. Por tanto, la existencia de estudiantes en grupos de investigación consolidados es factible si la planificación de las tareas del grupo asume esta estacionalidad.

5. Conclusiones

El uso, verificación y desarrollo de protocolos, plantillas normalizadas de trabajo y registro sistemático de datos, fomenta los hábitos necesarios para cualquier sistema de gestión de la calidad.

La realización de PFC puede incorporarse en líneas de investigación siempre que éstas tengan en cuenta el tiempo propio de ejecución del PFC y el nivel de complejidad adecuado a la titulación.

6 Referencias

1. Resolución 2003/00531, de 11 de diciembre de 2002, de la Universidad Politécnica de Cataluña, por la que se publica el plan de estudios de Ingeniero Técnico Industrial, especialidad en Química Industrial (BOE núm. 7, de 8 de enero de 2003).
2. Resolución 2003/00533, de 11 de diciembre de 2002, de la Universidad Politécnica de Cataluña, por la que se publica el plan de estudios de Ingeniero Técnico Industrial, especialidad en Electrónica Industrial (BOE núm. 7, de 8 de enero de 2003).
3. Resolución 2003/00534, de 11 de diciembre de 2002, de la Universidad Politécnica de Cataluña, por la que se publica el plan de estudios de Ingeniero Técnico Industrial, especialidad en Electricidad (BOE núm. 7, de 8 de enero de 2003).
4. Resolución 2003/00536, de 11 de diciembre de 2002, de la Universidad Politécnica de Cataluña, por la que se publica el plan de estudios de Ingeniero Técnico Industrial, especialidad en Mecánica (BOE núm. 7, de 8 de enero de 2003).
5. Club Gestión de la calidad, *Mejora en la formación universitaria (Sugerencias desde la empresa)*, Club Excelencia en Gestión Vía Innovación, Madrid (1998).
6. Vicerectorat de Política Acadèmica, *"Marc per al disseny i la implantació dels plans d'estudis de grau a la UPC"*, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona (2008)
7. M. R. Martínez-Martínez, A. M. Cadenato, M. Graells, et al. *"Guía per a l'avaluació de competències als laboratoris en l'àmbit de ciències i tecnologia"*, Agència per a la Qualitat del Sistema Universitari de Catalunya, Barcelona (2009)
8. http://www.upc.edu/cmем/pages/grup_tec_materials.php
9. J. Llumà, M. Manzanares, J. Rodríguez, A. Bordoi, *Actas de CUIEET XII*, Ref. 230, Barcelona (2004)
10. J. Llumà, J. Jorba, *Actas del CIDUI 2008*, Ref. 638, Lleida (2008)