



Implementación del método de aprendizaje basado en Proyectos en asignaturas de Ingeniería de Fabricación de los Grados de la Universidad de Málaga

F. Martín^{a,1}, C. Bermudo^a, M.J. Martín^a, L. Sevilla^a

^aEscuela de Ingenierías. c/. Dr. Ortiz Ramos, s/n. Ampliación Campus de Teatinos. Universidad de Málaga, 29071 Málaga encia, mail...), fdmartin@uma.es Telf. 951 952 309.

Abstract

This innovative educational work aims to develop the skills and competencies of students through the implementation of a project that promotes cooperative learning. The face to face interaction with other students, individual chargeability, reflection on group functioning and development of interpersonal skills are the foundation of cooperative learning and implementation of this project possible to reduce the shortcomings in these It shows aspects university students. The innovative nature of this work is found by the lack of such projects implemented type in related subjects taught at other Spanish public universities, especially in this subject of strong descriptive content that somehow alienates the student's actual contact with manufacturing processes. The project can be defined by the following statement: HOW IS MADE? In each academic year, the Area of Knowledge Engineering Manufacturing Processes (IPF) will acquire a mechanical assembly of medium complexity of appliance type (i. e. trimmers) containing an adequate amount of pieces both by the diversity of materials (metals, ceramics, plastics, composites) and by different forming processes necessary for manufacturing (casting, machining, plastic deformation, welding). The project will establish from an initial exploded of the assembly, the functional relationships of each and every one of its components, and to establish the physical nature of them and possible alternatives that makes the mechanical assembly continues to meet its function. Initially it will be based on a sketch with the representation

of all the exhibits, analysis of the functional relationship between them, determining the materials that compose them with search possible alternatives and the key part, selection of the manufacturing process for explaining each of the specific processes that correspond to each of the pieces.

Keywords: *Cooperative learning, Manufacturing Processes, Functional relationship, Materials alternatives, Interpersonal skills.*

Resumen

El presente trabajo de innovación educativa pretende desarrollar las capacidades y competencias de los alumnos mediante la aplicación de un Proyecto que potencia el aprendizaje cooperativo. El alumno verá enriquecido su dominio de la disciplina a través de una coherente aplicación de los conocimientos adquiridos en una primera parte teórica de la asignatura. La interacción directa con otros alumnos, la exigibilidad individual, la reflexión sobre el funcionamiento del grupo y el desarrollo de las habilidades interpersonales son la base del aprendizaje cooperativo y la implementación del presente proyecto posibilita reducir las carencias que en estos aspectos muestra el alumnado universitario.

El Proyecto puede ser denominado por el siguiente titular: ¿CÓMO SE FABRICA Y CÓMO FUNCIONA? En cada curso académico el Área de Ingeniería de Procesos de Fabricación (IPF) adquirirá un conjunto mecánico de complejidad media (p. e. cortasetos) que esté compuesto de un número adecuado de piezas fabricadas con distintos materiales (metal, polímeros, cerámicos, compuestos) y mediante diferentes procesos de fabricación (fundición, mecanizado, soldadura, deformación plástica, etc.). El proyecto partirá de una inicial descomposición por explosión de la totalidad de las piezas que forman el conjunto. Un posterior análisis establecerá las relaciones funcionales de los diferentes componentes y la naturaleza del material de cada uno de ellos, así como de las posibles alternativas a emplear en su fabricación.

Palabras clave: *E Aprendizaje cooperativo, Procesos de Fabricación, Relaciones funcionales, Habilidades interpersonales.*

Introducción

El objetivo principal del presente trabajo es el establecimiento de una adecuada conexión entre los conocimientos teóricos recibidos mediante clases magistrales y los conocimientos prácticos derivados del trabajo efectuado sobre una serie de conjuntos mecánicos reales en

los que será preciso determinar sus procesos y características de fabricación. Todo ello en el entorno de las asignaturas de Ingeniería de Fabricación de los Grados de la Universidad de Málaga (UMA) anteriormente indicadas.

Según consta en la memoria de verificación de la asignatura en la UMA, las competencias que han de ser cubiertas por la asignatura son, entre otras:

1. Conocer y aplicar conocimientos de ciencias y tecnologías básicas a la práctica de la Ingeniería Industrial.
2. Aplicar los conocimientos adquiridos para identificar, formular y resolver problemas dentro de contextos amplios y multidisciplinares siendo capaces de integrar conocimientos. Trabajando en equipos multidisciplinares.
3. Saber comunicar los conocimientos y conclusiones, de forma oral, escrita y gráfica, a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.
4. Incorporar nuevas tecnologías y herramientas de la Ingeniería Industrial en sus actividades profesionales.
5. Organización y planificación en el ámbito de la empresa, y otras instituciones y organizaciones de proyectos y equipos humanos.
6. Conocimientos básicos de los sistemas de producción y fabricación.

Y los Resultados de Aprendizaje generales de la asignatura:

ENAE 1. Conocimiento y Comprensión. *CC2*. Una comprensión sistemática de los conceptos y aspectos clave de su rama de ingeniería.

ENAE 2. Análisis en Ingeniería. *AI1*. La capacidad de aplicar su conocimiento y comprensión para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería utilizando métodos establecidos. *AI2*. La capacidad de aplicar su conocimiento y comprensión al análisis de la Ingeniería de productos, procesos y métodos.

ENAE4. Competencias transversales. *CT1*. Funcionar de forma efectiva tanto de forma individual como en equipo.

ENAE5. Investigación e innovación. *III*. La capacidad de realizar búsquedas bibliográficas, utilizar bases de datos y otras fuentes de información.

Y los específicos de la asignatura:

- a) Interpretar los principales conceptos de la ingeniería de fabricación.
- b) Identificar y valorar el conjunto de los sistemas de producción y fabricación, su automatización y organización.
- c) Identificar y diferenciar a nivel básico los diferentes procesos de fabricación.

Implementación del método de aprendizaje basado en Proyectos en asignaturas de Ingeniería de Fabricación de los Grados de la Universidad de Málaga

d) Identificar e interpretar las implicaciones medioambientales y de sostenibilidad en el ámbito de la fabricación y los principios básicos de la ingeniería de calidad aplicada en el control de la fabricación.

e) Utilizar y manejar a nivel básico elementos de sistemas de fabricación.

La asignatura tal como está estructurada presenta ciertas carencias para lograr un adecuado encaje con algunas competencias como lo son la primera y la segunda de las citadas con anterioridad. Por este motivo se presenta este Proyecto con el que se busca lograr una mejor aplicación de los conocimientos básicos adquiridos sobre conjuntos mecánicos reales.

Debe advertirse que este objetivo inicial genera un conjunto de objetivos adicionales, con origen en los mencionados recursos, que pueden ser divididos en dos ámbitos:

- **En el ámbito de la enseñanza:**
 - Ayudar al alumno a valorar la relación existente entre los conocimientos teóricos y los prácticos
 - Desarrollar destrezas comunicativas a los alumnos en un contexto de comunicación formal
- **En el ámbito del aprendizaje:**
 - Aumentar la participación de los alumnos en el proceso de aprendizaje
 - Implicar a los alumnos en el proceso de evaluación
 - Mostrar las ventajas del autoaprendizaje y del trabajo en equipo como herramientas de trabajo y estudio

El carácter innovador de este trabajo se constata por la inexistencia de Proyectos de este tipo implementados en asignaturas afines impartidas en otras universidades públicas españolas, especialmente en esta asignatura, de fuerte contenido descriptivo que de alguna forma aleja al alumno del contacto real con los procesos de fabricación.

El Proyecto de Aprendizaje Cooperativo va a ser implantado sobre una selección de titulaciones en las que se imparte la asignatura de Ingeniería de Fabricación, concretamente en aquellas que poseen un solo Grupo de docencia por titulación (Tabla 1).

Tabla 1. Asignaturas en las que se desarrollará el trabajo

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR				
I. Grado en Ingeniería Eléctrica				
a) Ingeniería de Fabricación	Obligatoria	6	2º	1
II. Grado en Ingeniería Electrónica Industrial				
a) Ingeniería de Fabricación	Obligatoria	6	2º	1

La asignatura tiene un marcado carácter tecnológico (nivel de experimentalidad 4), con una elevada carga de prácticas de taller y laboratorio, desarrollándose, por primera vez en cada una de las citadas titulaciones, los conceptos básicos de los procesos y sistemas de fabricación industrial, con contenidos muy variados e incorporando aspectos transversales en sus competencias.

En una primera fase de implantación del Proyecto El universo potencial de esta experiencia piloto se estima en unos aproximadamente 120 alumnos entre las dos titulaciones. Los resultados obtenidos propiciarán la implantación del presente Proyecto en el resto de titulaciones.

La asignatura en cuestión es, por lo tanto, Ingeniería de Fabricación (IF), Obligatoria de 6 créditos correspondiente al 2º curso del Grado de Ingeniería de Tecnologías Industriales (GITI) impartido en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales (ETSII), así como en los Grados en Ingeniería Mecánica, en Ingeniería Eléctrica, en Ingeniería Electrónica y en los dobles Grados impartidos por la Escuela Politécnica Superior (EPS) de la Universidad de Málaga, así como en la titulación de Ingeniería en Organización Industrial en el Campus de Excelencia Internacional Andalucía Tech. Consta la misma de 4 prácticas de taller y de 3 Evaluaciones a lo largo del curso. En esencia, amén de estas actividades prácticas, la asignatura es fundamentalmente descriptiva, no teniendo cabida la realización de problemas, ejercicios, etc.

Desde sus comienzos y motivado por el hecho de tener que ser impartida en los diferentes Grupos por PDI asociado a tiempo parcial, se creó una rígida estructura de 27 temas, que se relacionan a continuación, elaborados cada uno de ellos con una similar extensión y con presentaciones ajustadas a la duración de una sesión docente (Sevilla, 2012, 2013, Martín, 2008).

Contenido temático actual de la asignatura.

T1. Introducción. T2. Selección de Materiales. T3. Introducción a los Procesos de Fabricación Mecánica. T4. Procesos de Conformado por moldeo I. T5. Procesos de Conformado por Moldeo II. T6. Aspectos tecnológicos de la Fundición. T7. Pulvimetalurgia. T8. Introducción al Conformado por Deformación Plástica. T9. Conformado por Deformación Plástica II. T10. Conformado por Deformación Plástica III. T11. Conformado por Deformación Plástica IV. T12. Soldadura I. T13. Soldadura II. T14. Fundamentos del Conformado por Mecanizado I. T15. Fundamentos del Conformado por Mecanizado II. T16. Máquinas-Herramienta I. T17. Máquinas-Herramienta II. T18. Procesado de Plásticos. T19. Procesado de Materiales Compuestos. T20. Automatización de la Fabricación. T21. Programación Manual de Control Numérico. T22. Sistemas de Fabricación I. T23. Sistemas de Fabricación II. T24. Metrología I. T25. Metrología II. T26. Calidad. T27. Fabricación y medioambiente.

Los estudios de Ingeniería son, en esencia, eminentemente prácticos, por lo que se entiende que su vinculación con los procesos reales en los que puede ser aplicada ha de ser considerada como fundamental. En multitud de casos, la extensión de los temarios de las asignaturas es tan elevada que limita la posibilidad de la enseñanza desde un punto de vista práctico. Alcanzar una adecuada relación entre la docencia sobre conceptos teóricos y la conexión de éstos con la práctica real se torna en ocasiones hartamente complicada (Cano, 2008. Martín, 2007). Bajo este criterio de adecuación entre las dos concepciones antes citadas se genera el presente proyecto con el que se pretende motivar al alumno a adquirir profundos conocimientos adicionales de esta disciplina de la ingeniería de una forma autónoma y colaborativa.

La aplicación y el desarrollo del presente proyecto requiere una doble modificación en la impartición de la asignatura, tanto desde un punto de vista de la estructura de la asignatura como de la evaluación del alumno matriculado en la misma. Estas dos importantes modificaciones son las que constituyen el motivo principal de aplicación del proyecto en ciertas titulaciones para que sirvan de experiencia piloto ampliable en posteriores cursos al conjunto de los grupos de las diferentes titulaciones donde se imparten.

El Proyecto, por lo tanto, necesita de una primera reformulación de la parte teórica a impartir reduciendo los conceptos descriptivos a un mínimo indispensable para que el alumno tenga una base sobre la que desarrollar el trabajo encomendado. Por este motivo, los 27 temas incluidos en el temario ya citados se verán refundidos en 14:

T1. Introducción. T2. Selección de Materiales. T3. Introducción a los Procesos de Fabricación Mecánica. T4. Procesos de Conformado por moldeo I. T5. Pulvimetalurgia. T6. Conformado por Deformación Plástica I. T7. Soldadura I. T8. Fundamentos del Conformado por Mecanizado I. T9. Procesado de Plásticos. T10. Procesado de Materiales Compuestos. T11. Automatización de la Fabricación. T12. Sistemas de Fabricación I. T13. Metrología I. T14. Calidad, Fabricación y medioambiente.

Temario que será impartido en las siete primeras semanas del cronograma de la asignatura, restando otras siete para la realización del Proyecto y una última para la realización de las últimas Evaluaciones, formulación de dudas por parte de los alumnos, etc.

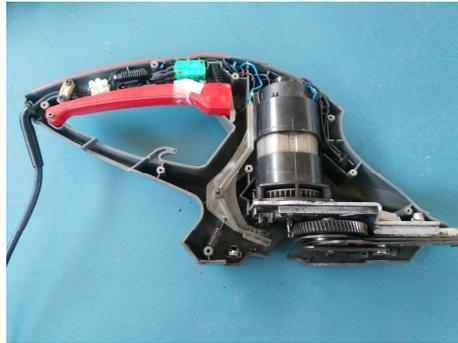
Metodología

El proyecto puede ser definido por el siguiente enunciado: *¿CÓMO ESTÁ FABRICADO Y CÓMO FUNCIONA?* En cada curso académico, el Área de Conocimiento de Ingeniería de los Procesos de Fabricación, a la que está adscrita la asignatura que nos ocupa, adquirirá un conjunto mecánico de complejidad media de tipo electrodoméstico (i. e. cortasetos) (Figura 1) que contenga una cantidad de piezas adecuada tanto por la diversidad de materiales

(Metálicos, Cerámicos, Plásticos, Compuestos) como por los diferentes procesos de conformado necesarios para su fabricación.

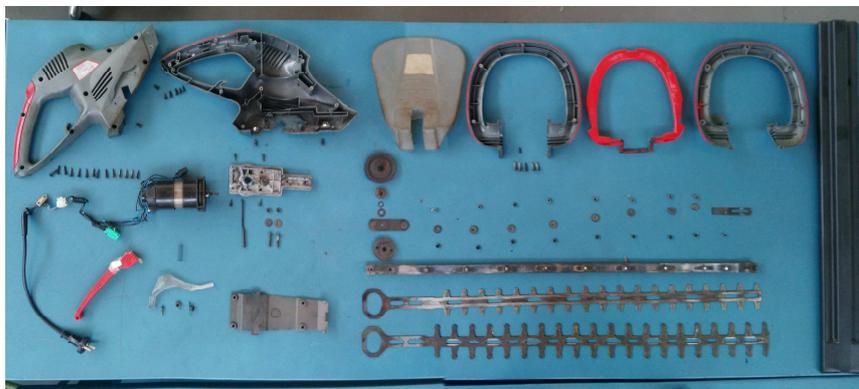
El proyecto consistirá en definir, a partir de un despiece inicial del conjunto (Figura 2), las relaciones funcionales de todos y cada uno de sus componentes, así como en establecer la naturaleza física de ellos y las posibles alternativas con las que se logra que el conjunto mecánico siga cumpliendo su función. Inicialmente se partirá de un croquis con la representación de todas las piezas expuestas, análisis de la relación funcional existente entre ellas, determinación de los materiales que las componen con búsqueda de posibles alternativas y, la parte fundamental, selección del proceso de fabricación para cada una de ellas explicando con la máxima profundidad posible cada uno de los procesos específicos que se corresponden con cada una de las piezas (Sevilla, 2010, 2011).

Figura 1. Conjunto mecánico (cortasetos).



Los alumnos recibirán tanto en una clase presencial como en la plataforma virtual, el protocolo de actuación (presentación y definición del Proyecto) con indicaciones prácticas sobre cómo elaborar y presentar el trabajo, incluyendo criterios generales de tipo formal.

Figura 2. Despiece del conjunto mecánico (cortasetos).



Implementación del método de aprendizaje basado en Proyectos en asignaturas de Ingeniería de Fabricación de los Grados de la Universidad de Málaga

La fase de ejecución del proyecto consistirá en el trabajo autónomo, aunque en todo momento tutelado, de los alumnos, organizados en grupos de 5 estudiantes (excepcionalmente se permitirá la formación de grupos de 6 estudiantes).

Los profesores procederán según el cronograma establecido a la revisión del material aportado. La evaluación de cada una de las tareas aportadas por el grupo se realizará en virtud de la escala y de la rúbrica que más adelante se indica (Tabla 2).

Tabla 2. Fases y tareas del Proyecto

Semana	Tarea Alumno	Dedicación alumno (horas/semana)		Tarea Profesor	Dedicación profesor (horas/semana)	
		Pres.	No Pres.		Pres.	No Pres.
1	Constitución de Grupos	1.5	3	Presentación del conjunto mecánico origen del Proyecto.	1.5	1.5
2	Realización de croquis y acotación de las piezas del conjunto (Tarea 1)	1.5	3	Apertura en Campus Virtual de aplicación para entrega Tarea 1	1.5	1.5
3	Realización de Planos completos y relaciones funcionales entre piezas (Tarea 2)	3	1.5	Corrección y reenvío Tarea 1 Habilitar Tarea2 Entrega en CV.	1.5	3
4	Análisis de Selección de materiales (Tarea 3) Documento de reflexión crítica sobre funcionamiento del Grupo y evolución del PBL		4.5	Habilitar Tutorial en CV de Software de Selección de Materiales para Ingeniería. Habilitar Tarea3 Entrega en CV. Corrección y reenvío Tarea 2. Recepción y consideración del Documento crítico	1.5	3
5	Selección y desarrollo de Proceso de fabricación para cada pieza (Tarea 4)	1.5	3	Seguimiento del Proyecto. Resolución de dudas. Habilitar Tarea4 Entrega en CV. Corrección y reenvío Tarea 3.	1.5	3
6	Entrega de Presentación del Proyecto (Tarea 5)		4.5	Habilitar Tarea 5 a entregar en CV. Corrección y reenvío Tarea 4.		3
7	Presentación pública del Proyecto	4.5		Corrección y publicación Tarea 5.	4.5	3

Las diferentes entregas a realizar por parte del alumnado componente de cada Grupo mantendrán la temporización expresada en la Tabla 3.

Tabla 3. Temporización de entregas

Documento a entregar por parte del alumno (entrega grupal)	Semana (final)
Acta de Constitución de Grupo	1
Croquis acotado de piezas (Tarea 1)	2
Planos completos y relaciones funcionales (Tarea 2)	3
Selección de Materiales (Tarea 3)	4
Selección y desarrollo de Proceso de Fabricación (Tarea 4)	5
Presentación (PowerPoint o Prezzi) (Tarea 5)	6

El contenido del Proyecto será evaluado a partir de una rúbrica de cada una de las entregas de las que se presenta dos de ellas a modo de ejemplo definida como se indica a continuación.

Tarea 1. Croquis acotado de piezas

Concepto	No Válido	Correcto	Destacable
<i>Presentación</i>	Deficiente presentación. Suciedad, tachaduras	Aceptable presentación. Limpieza	Presentación de calidad
<i>Archivo</i>	Formato incorrecto	Formato correcto, denominación incorrecta	Formato y denominación correcta
<i>Información Extra</i>	No se considera	Apreciaciones de poca relevancia	Indicaciones de especial relevancia

Tarea 4. Selección y desarrollo de Proceso de Fabricación

Concepto	No Válido	Correcto	Destacable
<i>Alternativas en la selección</i>	No se considera	En algunas piezas	En todas las piezas
<i>Desarrollo del Proceso</i>	No se considera	En algunas piezas	En todas las piezas
<i>Archivo</i>	Formato incorrecto	Formato correcto, denominación incorrecta	Formato y denominación correcta

Implementación del método de aprendizaje basado en Proyectos en asignaturas de Ingeniería de Fabricación de los Grados de la Universidad de Málaga

Cada una de las entregas (seis) y la presentación final del Trabajo tendrán el valor que se expone a continuación:

Acta Constitución del grupo.....	0,2 puntos
Tarea 1.....	0,4 puntos (máx)
Tarea 2.....	0,6 puntos (máx)
Tarea 3.....	0,6 puntos (máx)
Tarea 4.....	0,7 puntos (máx)
Tarea 5.....	0,5 puntos (máx)
Presentación pública del trabajo.....	0,5 puntos (máx)

Dado que la duración del Proyecto alcanza en su desarrollo 7 semanas (prácticamente la mitad de la asignatura), se realizará un reajuste de la valoración de los distintos elementos de evaluación de la misma tal como estaba establecida alcanzando el siguiente reparto:

Examen Final (50%); Otras. (Evaluaciones, Prácticas) (15%); Trabajo Proyecto (35%)

Al inicio de la impartición de la asignatura (1ª clase) se entregará a los alumnos un cuestionario general sobre los conceptos a desarrollar a lo largo de la misma. El cuestionario será recogido al final de clase y en la última semana tras realizar la exposición pública del Proyecto se volverá a entregar el mismo cuestionario con el que contrastar el diferente grado de conocimiento adquirido. El alumno valorará en cada respuesta la aportación relativa del Trabajo realizado y de las clases magistrales en la adquisición de esos conocimientos.

La parte final del cuestionario de la segunda entrega tendrá distintos apartados en los que el alumno podrá valorar el tiempo dedicado a las diferentes tareas, la valoración de cada una de ellas, y otros aspectos de relevancia. Para la evaluación del resultado global del Proyecto, se empleará el Documento de reflexión crítica sobre funcionamiento del Grupo y evolución del PBL que será requerido en la 4ª semana de ejecución del mismo y junto a la entrega de la Tarea 3. Éste y otros documentos en forma de encuestas realizadas al inicio y al final de la asignatura facilitará conocer el grado de satisfacción que genera estas nuevas herramientas.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a la Universidad de Málaga-Campus Internacional de Excelencia Andalucía Tech y al programa FPU del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte de España por su contribución económica a la realización del presente trabajo.

Referencias

- Sevilla, L., Martín, M.J., Martín, F., Bermudo, C. (2012). *Análisis de la implantación integrada de la asignatura de Ingeniería de Fabricación en los Grados de Ingeniería de la Universidad de Málaga*. XX Congreso Universitario de Enseñanzas Técnicas. Las Palmas de Gran Canaria. España.
- Martín, M.J., Martín, F., Cano, M.J., Sevilla, L. (2008). *Análisis de los resultados de la implantación de prácticas virtuales en el Área de Ingeniería de los Procesos de Fabricación de la UMA*. (2008). XVI Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas. Universidad de Cádiz. Cádiz. España.
- Sevilla, L., Martín, M.J., Martín, F., Trujillo, F.J., Bermudo, C. (2013). Analysis of the integrated implementation of the Manufacturing Engineering subject in Engineering Degrees at the Málaga University. *Materials Science Forum*. 759. 1-9.
- Sevilla, L., Martín, M.J., Martín, F. (2011). Integration of Virtual Manufacturing Laboratory of the University of Málaga. *Materials Science Forum*, 692, 65-73.
- Sevilla, L., Martín, M.J., Martín, F. *Integración del Taller Virtual de Procesos de Conformado de Materiales de la Universidad de Málaga*. (2010). Universidad de Cantabria. Santander. España.
- Cano, M.J., Martín, M.J., Martín, F., Sevilla, L. (2008). *Empleo de virtualizaciones de practicas como apoyo en las titulaciones técnicas*. Universidad de Aveiro. Aveiro. Portugal.
- Martín, M.J., Martín, F., Sevilla, L. (2007). *Virtualización de prácticas de fabricación como herramienta de innovación educativa*. The 2nd Manufacturing Engineering Society International Conference. Universidad Nacional de Educación a Distancia. Madrid. España.