

## **Aplicación de la Ingeniería Concurrente en la Enseñanza- Aprendizaje de la Ingeniería de Fabricación en el contexto de los nuevos Planes de Estudio**

A.I. Fernández-Abia, J. Barreiro, S. Martínez-Pellitero

*Ingeniería de los Procesos de Fabricación. E.I. Industrial e Informática. Universidad de  
León. 24071. León. Tel. +34 987 291000 ext 1984. Fax +34 987 291930.*

[aifera@unileon.es](mailto:aifera@unileon.es)

### **Resumen**

Ante los nuevos modelos de enseñanza que plantea el EEES y ante la inminente aplicación de los nuevos planes de estudio, el Área de Ingeniería de los Procesos de Fabricación de la Universidad de León plantea modificar la metodología de enseñanza-aprendizaje actual por un nuevo concepto más unificado y basado en la coordinación entre asignaturas. El desarrollo de productos en contextos altamente competitivos y cambiantes implica el uso de metodologías basadas en el concepto de Ingeniería Concurrente y la reingeniería basada en procesos, donde las actividades del ciclo de vida del producto están interconectadas e interactúan de forma dinámica compartiendo datos. Con el objeto de trasladar al aula esta filosofía de trabajo, se plantea una tarea en la que se forman grupos multidisciplinares con alumnos matriculados en las distintas asignaturas del Área, que abarque desde el diseño hasta la inspección, pasando por las etapas de selección de materiales y fabricación.

**Palabras Clave:** Moodle, Ingeniería de Fabricación, Ingeniería Concurrente, Portales colaborativos.

### **Abstract**

Considering the new learning models that the EEES demands, and taking into account the imminent start up of the new study plans, the area of Manufacturing Processes Engineering at the University of León proposes to modify the actual methodology of teaching-learning to a new concept more unified and based in the coordination among subjects. The product development in highly competitive and changing contexts implies the use of methodologies based in Concurrent Engineering and process based re-engineering concepts, where the activities of the product life cycle are interconnected and interact dynamically sharing product and process data. With the objective of transferring to the classroom this philosophy of work, a task is presented where multidisciplinary groups are composed with students enrolled in the different subjects of the manufacturing engineering area, covering from the design to the inspection stages, through selection of materials and manufacturing processes.

**Keywords:** Moodle, Manufacturing Engineering, Concurrent Engineering, Collaborative portals.

## 1. Introducción

En el Área de Ingeniería de los Procesos de Fabricación de la Universidad de León, se están haciendo esfuerzos por ir orientando las asignaturas actuales a los nuevos planes renovados que, en la Escuela de Ingenierías de esta Universidad, comienzan el curso 2010/11. En diversas asignaturas de dicha Área ya se han venido implantado nuevas metodologías durante los cursos anteriores y especialmente, durante este último curso académico. Los profesores responsables de estos cambios o adaptaciones, viendo la buena aceptación que han tenido entre los alumnos, tratan ahora de mejorar la metodología actual ya renovada en aquellos aspectos donde han visto carencias y/o posibles mejoras. En este sentido, hasta ahora cada asignatura ha trabajado de forma aislada, sin interactuar con el resto de asignaturas del Área. En las nuevas titulaciones de grado, y en concreto en el Grado de Ingeniería Mecánica, se van a impartir distintas asignaturas relacionadas directamente con las etapas del ciclo de desarrollo de un producto, que se pretenden coordinar con esta experiencia que se presenta. Se propone una actividad multidisciplinar, que permita simular el proceso real de desarrollo y fabricación de un producto, en la que intervendrán de forma simultánea y/o secuencial los alumnos matriculados en las asignaturas involucradas.

Como es ampliamente conocido en la industria, un problema crucial en el desarrollo de nuevos productos es la necesidad de reducir los tiempos de diseño y fabricación, al tiempo que se mantienen altos niveles de calidad a un coste de desarrollo mínimo. Para lograr esto, se necesita de la participación de expertos procedentes de múltiples disciplinas. En los últimos años se ha producido un gran desarrollo en lo que respecta a la formación de equipos multidisciplinarios de expertos. Cada experto proporciona su "vista" del producto desde su perspectiva particular (diseño, fabricación, montaje, inspección, etc.) [1,2]. Sin embargo, la coordinación de los expertos en equipos multidisciplinarios plantea dificultades, que exige una correcta organización para lograr una integración óptima [3]. Como consecuencia de este proceso de comunicación, se produce un flujo de información que sin embargo, no siempre es eficiente y requiere, por tanto, una sistematización de la información y de su estructura.

Las industrias preocupadas por mejorar sus métodos y ser más competitivas llevan tiempo aplicando esta metodología de desarrollo de productos. Por ello, y puesto que este esquema de trabajo será exigido a los alumnos cuando se incorporen al mercado laboral, parece lógico tratar de aplicar los mismos métodos a la formación que se les da desde la Universidad. En este punto es necesario indicar que una de las bases fundamentales de los sistemas de producción integrados tal y como la plantea la rueda de la empresa de CASA-SME, es la ingeniería concurrente [4].

Este trabajo proporcionará notables beneficios a los alumnos, al desarrollo de las asignaturas y a los propios docentes implicados. Por un lado, va a permitir que los alumnos adquieran una visión integral de las actividades que comprende el desarrollo de un producto, incorporando en su método de trabajo la filosofía de la ingeniería concurrente y el intercambio de información entre distintos departamentos, formados por las asignaturas implicadas en la actividad. Por otro lado se fomentará la coordinación entre asignaturas afines, lo que permitirá detectar las deficiencias de conocimientos de los alumnos ayudando a mejorar el contenido temático y su secuenciación y evitar la duplicación de contenidos. Los docentes responsables de las asignaturas se verán favorecidos por el intercambio de información, al abordar el desarrollo de un mismo producto desde distintos ámbitos, y se potenciará el uso de un lenguaje común, unificando terminología y notaciones.

Obviamente, esta adaptación en la forma de interaccionar entre alumno-alumno y alumno-profesor se debe apoyar en el uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones [5-7].

## **2. Presentación de la Actividad.**

El desarrollo de un producto reúne una serie de actividades y operaciones interrelacionadas que involucran, entre otras, al diseño y análisis, selección de materiales, planificación del proceso, fabricación y aseguramiento de calidad. Muchas de estas actividades se han convertido en especialidades y se enseñan en distintas asignaturas de la titulación en Ingeniería Mecánica. La actividad que se plantea

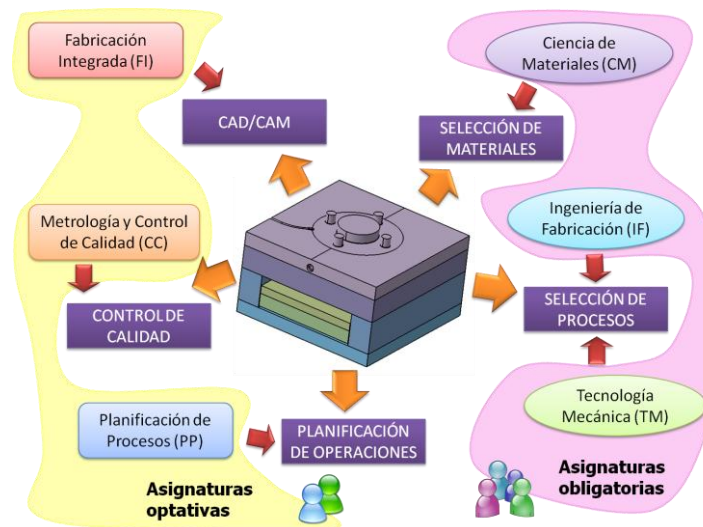
consistirá en el diseño-desarrollo-fabricación de un producto llevado a cabo de forma coordinada por los alumnos de las asignaturas que se indican en la tabla 1.

**Tabla 1.** Asignaturas del Grado de Ingeniería Mecánica.

Asignatura	Curso	Semestre	Carácter
Ingeniería de Fabricación	2º	5º	OB
Tecnología Mecánica	2º	5º	OB
Ciencia de Materiales	2º	5º	OB
Planificación de Procesos	4º	7º	OP
Fabricación Integrada	4º	7º	OP
Metrología y Control de Calidad	4º	7º	OP

Nota: OB-Obligatoria; OP-Optativa

La figura 1 muestra las tareas generales asignadas a los alumnos matriculados en las distintas asignaturas:



**Figura 1.** Asignación de tareas generales a las asignaturas.

Cada asignatura asumirá el rol de uno o varios departamentos, simulando la estructura de una empresa, y los alumnos deberán realizar las funciones atribuidas a los correspondientes departamentos, afines a los contenidos de las asignaturas en las que están matriculados. El enfoque que se quiere proporcionar se basa en la actual tendencia a organizar las tareas según la "gestión por procesos", cuestionando la

premisa de que las actividades sean responsabilidad exclusiva de departamentos concretos de la empresa. El único criterio básico es lograr la satisfacción del cliente. Bajo este enfoque se ve a la organización empresarial como una cadena de procesos conectados orientados hacia el cliente y se pone más énfasis en los procesos que en las funciones [8]. El proceso en nuestro caso será el proceso de desarrollo del producto, que finaliza en el cliente (el profesor).

*La asignatura de Fabricación Integrada*, como su propia denominación indica, actuará como coordinadora de todo el proceso. Sin embargo, a efectos prácticos incide especialmente en las etapas de diseño conceptual y síntesis, análisis y evaluación del diseño y en la actividad de fabricación asistida por ordenador. Es decir, tratará con las tecnologías CAD/CAE/CAM.

*La asignatura de Ciencia de los Materiales* aborda el estudio de los diferentes tipos de materiales en función de sus enlaces principales y microestructura, así como la influencia que los procesos de conformado tienen en sus propiedades. Con esta actividad se pretende que el alumno adquiera la capacidad de elegir, proponer y defender la elección del material más adecuado para un producto real considerando todos los factores que le afectarán tanto en su vida en servicio como durante su proceso de conformado.


*Las asignaturas de Ingeniería de Fabricación y Tecnología Mecánica* abordan el estudio de los diferentes procesos de conformado que pueden ser utilizados y que permiten obtener el producto final de acuerdo con los requerimientos establecidos. Se pretende que el alumno adquiera la capacidad de analizar, relacionar y resolver problemas en el ámbito de la fabricación disponiendo de un conocimiento suficiente de los procesos de conformado y de las técnicas que los sustentan, fomentando una actitud crítica.

*La asignatura de Planificación de Procesos* se centra en el estudio de los procesos posibles y su secuencia así como del establecimiento de las condiciones de operación en cada uno de ellos. Es decir, trata con la definición de la hoja de procesos y la hoja de operaciones.

La asignatura de Metrología y Control de Calidad aborda los fundamentos de la metrología dimensional y las técnicas de medida y control, de forma que el alumno lo utilice como una herramienta para integrar los sistemas de inspección en el propio proceso de fabricación.

### 3. Estructura de grupos.

Aunque en estos momentos se desconoce el número de alumnos que se matricularán en las asignaturas, se puede hacer una previsión en base a los datos que se tienen de las titulaciones actuales. Las asignaturas de últimos cursos, que son optativas, tendrán probablemente un menor número de alumnos, por lo que los grupos serán más pequeños. Suponiendo 15 alumnos matriculados en estas asignaturas y 100 alumnos en las obligatorias, se establecerán cinco grupos de trabajo transversales a todas las asignaturas, cada uno con el rol de una "empresa". Cada "empresa" estará formada seis departamentos, correspondientes a las seis asignaturas implicadas, como se observa en la estructura de la Figura 2.

Empresa E1							
Asignatura	Grupos/Departamento 				Alumnos/grupo	Alumnos totales	Coordinación
Fabricación Integrada	FI-1				3	3	Global
Planificación de Procesos	PP-1				3	3	TM - IF
Control de Calidad	CC-1				3	3	-
Ciencia de Materiales	CM1-1	CM1-2	CM1-3	CM1-4	5	20	-
Tecnología Mecánica	TM1-1	TM1-2	TM1-3	TM1-4	5	20	-
Ingeniería de Fabricación	IF1-1	IF1-2	IF1-3	IF1-4	5	20	-
<b>Previsión de Alumnos Totales por Empresa</b>						69	

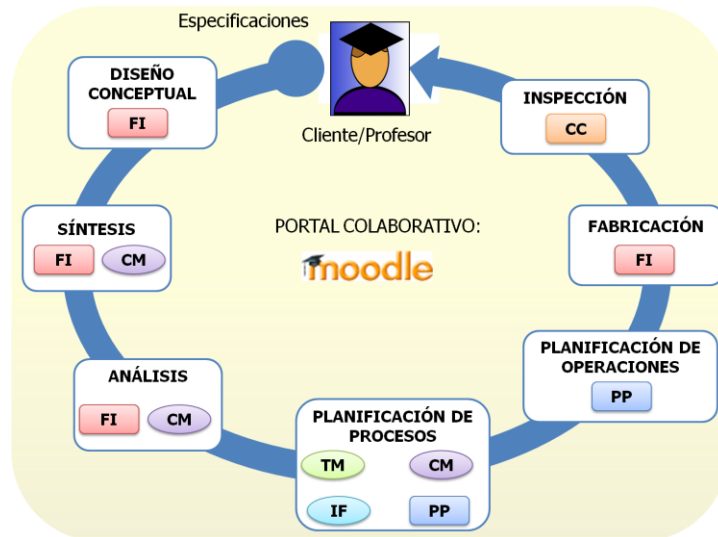
**Figura 2.** Estructura de los grupos de trabajo en "empresas" y su relación con las asignaturas.

En cada empresa ficticia, el cliente es el profesor/es que demanda un producto con unas especificaciones determinadas, funcionales, técnicas y económicas.

Los alumnos matriculados en los cursos más avanzados, al ser los que más conocimientos y capacidades han adquirido, tienen las mayores responsabilidades en el desarrollo de esta actividad. Cada uno de los departamentos correspondientes a los alumnos matriculados en las asignaturas optativas de niveles superiores, trabajará con otros cuatro grupos de alumnos matriculados en asignaturas obligatorias de niveles inferiores, como se observa en la figura 2. En concreto, los alumnos de "Fabricación Integrada" son los que coordinarán el funcionamiento de toda la empresa, recibiendo el conjunto de datos de partida del profesor, y distribuyendo el trabajo entre el resto de departamentos. Además, para poder operar de forma práctica y repartir adecuadamente el trabajo, realizarán la coordinación más específica de los cuatro grupos de la asignatura de Ciencia de los Materiales. Por su parte, los alumnos de la otra asignatura de 4º curso "Planificación de Procesos" coordinarán de forma específica las tareas desarrolladas por los cuatro grupos de las asignaturas "Tecnología Mecánica" e "Ingeniería de Fabricación". En el caso de estas dos últimas asignaturas se dan dos hechos: por un lado, en ambas se estudian los procesos de fabricación y, por otro lado, es más que probable que haya alumnos matriculados simultáneamente en ambas. Esto permite que se puedan unificar en muchos casos ambos grupos en uno sólo, como se refleja también en la figura anterior.

#### **4. Tareas de cada Departamento**

Puesto que el esquema de trabajo es el de equipos multidisciplinares, la información tiene que fluir continuamente entre los departamentos. Para facilitar esta comunicación, se utilizará la herramienta Moodle [9] como Portal Colaborativo, en el que cada encargado de grupo irá dejando todas las tareas relacionadas con el desarrollo del producto, para que se encuentren accesibles al resto de grupos (Figura 3).



**Figura 3.** Flujo de información entre departamentos

#### 4.1. Departamento de Fabricación Integrada

Este departamento recibe las especificaciones del producto y estructura la información que le llega para distribuirla a los departamentos correspondientes. En primer lugar, con las especificaciones del cliente, tienen que elaborar el diseño de la pieza que se les pide, asignando tolerancias donde sea oportuno. Paralelamente, mandan la información sobre las especificaciones al departamento de Ciencia de los Materiales, Ingeniería de Fabricación y Tecnología Mecánica, de forma que puedan ir trabajando sobre las alternativas de materiales y procesos de fabricación más apropiados.

Los alumnos de Fabricación Integrada aplicarán las técnicas de análisis tales como FEM, análisis cinemático, etc para ir depurando el diseño en base a la información que se vaya generando.

#### 4.2. Departamento de Ciencia de Materiales

Con la información sobre las especificaciones de las piezas requeridas, este departamento elige los materiales más adecuados incluyendo toda la información adicional que puede ser necesaria, tal como la posibilidad de tratamientos térmicos,



termoquímicos, acabados superficiales, posibles suministradores, precios de material, etc.

Como cada departamento de Fabricación Integrada tiene a su cargo 4 grupos de alumnos del departamento de Materiales, al final, dispondrá de 4 posibles soluciones. Estas soluciones se pondrán en común en una primera sesión entre los alumnos utilizando los recursos que ofrece la herramienta Moodle y, posteriormente, en un seminario con el profesor/es de las asignaturas, se defenderán y discutirán las propuestas para elegir la más adecuada a las piezas solicitadas. Esta elección es la que el departamento de Fabricación Integrada realimentará a los departamentos de Tecnología Mecánica y/o Ingeniería de Fabricación para continuar con la elección de los procesos de fabricación.

#### **4.3. Departamento de Tecnología Mecánica.**

Este departamento deberá seleccionar el proceso de fabricación más adecuado teniendo en cuenta factores como el material seleccionado, las tolerancias dimensionales y de acabado superficial asignadas, el tamaño de lote a fabricar, la capacidad de producción y la maquinaria empleada para la fabricación.

De la misma forma que en el departamento de Ciencia de Materiales, las cuatro soluciones que aportarán los grupos se discutirán en una primera sesión entre los alumnos a través de la herramienta Moodle y posteriormente en un seminario con el profesor/es.

#### **4.5. Departamento de Planificación de Procesos.**

A medida que se va disponiendo de la información sobre el proceso de fabricación, los alumnos del departamento de Planificación de Procesos se encargarán de elaborar la hoja de procesos y la hoja de ruta. Se encargarán de la selección de máquinas, de las herramientas y utillajes y su gestión, de determinar la secuencia de operaciones y los parámetros de operación a usar, así como del tamaño de lote económico. Con toda

esta información, aplicarán los módulos CAM para generar y depurar los programas pieza en aquellos casos donde sea posible.

#### **4.6 Departamento de Metrología y Control de Calidad.**

Los alumnos del departamento de Metrología y Control de Calidad se encargarán de dos actividades fundamentalmente. En primer lugar, determinarán para el producto desarrollado los métodos y herramientas de inspección más adecuados, determinando si se requiere una inspección con instrumentos manuales o con sistemas automáticos como las máquinas de coordenadas. En este último caso generarán el programa de inspección usando el software PC-DMIS del que dispone el área. Elaborarán también un plan de calibración. Por otro lado, se encargarán de definir el plan de control de procesos usando técnicas SPC, de forma que en función del tamaño del lote y de las tolerancias con que se trabaje quede reflejado el plan de muestreo y los gráficos y variables a controlar.

#### **5. Recursos a utilizar.**

La plataforma de gestión de contenidos Moodle, como base del portal colaborativo, permite simular las interacciones síncronas/asíncronas y localizadas/distribuidas que se dan de forma habitual entre los miembros de una empresa real [10,11]. Se generará un curso específico para cada una de las empresas constituidas, teniendo el rol de administrador el alumno representante del departamento de Fabricación Integrada. Los demás miembros de la empresa tendrán acceso restringido para asegurar la consistencia de la información depositada en la plataforma.

La primera función de la plataforma será la de actuar como repositorio de los documentos que se van generando a medida que se desarrolla el producto y el proceso. Como medio de comunicación asíncrona entre los miembros de cada empresa, se usará la herramienta *foro*, mientras que para la comunicación síncrona se hará uso de la herramienta *chat*. Básicamente el chat se usará a nivel de cada departamento, es decir, entre los alumnos de la misma asignatura, mientras que el

foro se usará fundamentalmente para la comunicación entre alumnos de diversas asignaturas.

También se empleará la herramienta *wiki* para ir componiendo la documentación relacionada con la definición del producto y del proceso. Todos los alumnos de todas las asignaturas implicadas en cada empresa tendrán acceso a este wiki y deberán ir introduciendo la información que les compete en cada ámbito. El coordinador de la empresa, es decir, los alumnos de Fabricación Integrada, deberán revisar y validar los contenidos del wiki. Además, la plataforma Moodle servirá al profesor de cada asignatura para evaluar el grado de implicación de cada alumno en el proyecto, mediante el control de las entradas y aportaciones en el foro, chat y wiki.

## 6. Conclusiones.

Las exigencias de las nuevas metodologías de enseñanza-aprendizaje y de evaluación que conlleva la adaptación al EEES obligan a modificar los recursos y técnicas didácticos que se vienen utilizando tradicionalmente. Ante la inminente implantación de las nuevas titulaciones, este grupo de profesores plantea una forma integrada de impartir las asignaturas en su ámbito.

Aunque la adaptación a este esquema de trabajo en la Universidad es compleja al tener que aunar alumnos de diferentes cursos con diferentes horarios e intereses, se cree que la experiencia puede resultar positiva tanto para los alumnos como para los docentes. Como ayuda a este difícil proceso de integración se deben usar herramientas TIC's, proponiendo en este caso el uso de la plataforma de gestión de contenidos Moodle, que ya se ha venido usando de forma efectiva y con buenos resultados a nivel individual en las diferentes asignaturas.

## 7. Referencias

1. O.J. Canciglieri, R.I.M. Young, *International Conference on Design and Production of Dies and Molds*, Estambul, (1997).

2. P. Jiang, X. Shao, H. Qiu, L. Gao, P. Li, *A web services and process-view combined approach for process management of collaborative product development*, Computers in Industry Vol. 60 (2009) 416-427.
3. E. Barba, *Ingeniería concurrente. Guía para su implantación en la empresa. Diagnóstico y evaluación*, Ediciones Gestión 2000, (2000).
4. CASA/SME, *The New Manufacturing Enterprise Wheel*, Society of Manufacturing Engineers, Dearborn, MI 48121 (1993).
5. M.J. Gallego, V. Gámiz, *An opportunity for the improvement in the higher education through the information and communication technologies*. IADIS Internacional Conference, Lisboa, (2007) 268-275.
6. A. García-Manso, P. Moreno, *Experiencia B-Learning: La convergencia de las TICs en el Espacio Europeo de Educación Superior*, III Congreso Online - Observatorio para la CiberSociedad, (2006).
7. J.M. Pérez García, *Experiencia del uso de aulaweb en las asignaturas de Tecnología mecánica I*, Jornada sobre Nuevas Tecnologías en la Innovación Educativa, ETSII – UPM, Madrid, (2003) 161-168.
8. E. Barba, *Innovación de productos mediante ingeniería concurrente*, Ediciones Gestión 2000, (2005).
9. A. Aldecoa, A. Celestino, P. Flores, M.A. Marijuan, *Moodle como plataforma Blended Learning y su funcionalidad en la convergencia al Espacio Europeo de Educación Superior*, IV Congreso de la CiberSociedad, (2009).
10. C.Vila, P.Company y V. Galmés, *Implantación de nuevas tecnologías para el desarrollo concurrente de productos*, Ediciones UPC, (2006).
11. H.R. Siller Carrillo, *Modelo de planificación de procesos colaborativa aplicado al mecanizado de altas prestaciones de piezas de acero endurecido*, Tesis Doctoral, Universidad Jaume I, Castellón, (2008).