

# DISEÑO DE COMPONENTES DE PLÁSTICO EN EL AUTOMÓVIL: EXPERIENCIA DOCENTE BAJO UN PUNTO DE VISTA INDUSTRIAL

Aísa, J. <sup>(P)</sup>; Fernández, A.; Castany, J.; Clavería, I.;

## Abstract

The European Space for Higher Education will suppose an approach to the knowledge using new methods of learning. Authors want to show their experience in the Mechanical Engineering Dept. of the University of Zaragoza. "Design of plastic parts for Automotive Industry", a new subject for engineering students, is described in this paper. An active methodology was used, and students were forced to follow the timeline of an automotive component as an industrial project leader usually does (feasibility, technical study, tool definition, target cost, machinery required, etc.). That job was developed in groups of three to six people. Professors evaluated the final report from an industrial point of view, playing the role of a customer and with intermediate evaluations of planned milestones. This experience, that has already surpassed its fourth edition, is considered very positive for future engineers.

*Keywords: European Space for Higher Education, educational experience, plastic design*

## Resumen

El Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) debe suponer un acercamiento del alumno a los conocimientos apoyado en nuevos métodos de aprendizaje. En esta comunicación se presenta la experiencia realizada desde el Área de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Zaragoza en la asignatura de Diseño de Componentes de Plástico en el automóvil. Se ha seguido una metodología activa, donde los alumnos deben plantear la industrialización de un componente de automoción como un jefe de proyecto (factibilidad, estudio técnico, planteamiento de utillajes, precio pieza estimado, maquinaria necesaria, etc.). El trabajo ha de realizarse en equipo, en grupos de tres a seis personas. Los profesores evalúan el proyecto desde el punto de vista industrial, convirtiéndose en los clientes, con seguimiento intermedio del cronograma planteado. La experiencia, que ya ha superado su cuarto año, se considera altamente satisfactoria para la formación de los ingenieros noveles.

*Palabras clave: Espacio Europeo de Educación Superior, experiencia docente, diseño con plástico*

## 1. Introducción

Dentro de su continuo progreso, el conjunto de las enseñanzas universitarias se enfrenta a una transformación conducente a una "sociedad del conocimiento", caracterizada por cambios acelerados, una constante globalización de los mercados y, por encima de todo, un peso cada vez más importante del conocimiento como factor de desarrollo económico y social. Así se recoge en el marco legal español desde la publicación de la Ley Orgánica de Universidades en 2001.

La creación del Espacio Europeo de Educación Superior (Figura 1) con los sucesivos acuerdos de La Sorbona, Bolonia, Praga, etc. buscan alcanzar una mayor coherencia europea permitiendo la movilidad de personas así como un incremento de la competitividad

de los egresados europeos, mejorando mediante ambos vectores la cohesión social y las oportunidades existentes para los ciudadanos de los estados miembros de la Unión. [1]

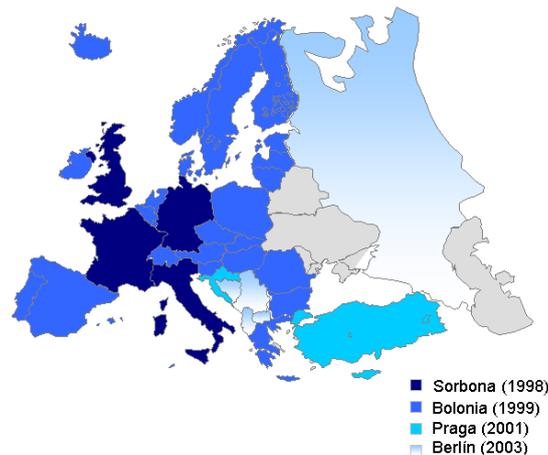


Figura 1. Países adheridos a los diferentes acuerdos relacionados con el EEES

La sociedad exige de la Universidad la formación de personas con conocimientos específicos de alto nivel, capaces de afrontar los nuevos retos en el conocimiento, pero al tiempo no se deben perder de vista que han de potenciarse competencias genéricas, conducentes a la autorrealización personal y al desempeño y adaptación a cualquier ámbito profesional en diferentes escenarios internacionales [2].

Entre estas competencias deben incluirse, sin duda alguna, la capacidad de trabajo en equipo, la superación de proyectos multidisciplinarios, la capacidad de comunicación oral y escrita de información a cualquier nivel, la toma de decisiones con espíritu crítico, etc. medios todos ellos que les permitirán mantener un dinamismo necesario frente a los retos de futuro. Diferentes experiencias recogidas en la Universidad de Zaragoza [3] muestran ejemplos de trabajo en esta línea.

Para la consecución de estos objetivos las enseñanzas deben pasar del modelo previo de “enseñanza” por parte del profesorado experto a una educación centrada en el “aprendizaje del alumno”, siendo el profesor un promotor del trabajo de sus alumnos y apoyándose en métodos activos que le hagan partícipe al estudiante de su propio proceso de aprendizaje.

El contenido de esta comunicación presenta el diseño y la metodología junto a las realizaciones y resultados obtenidos por un grupo de profesores del Taller de Inyección de la Industria de los Plásticos de la Universidad de Zaragoza, (T.I.I.P., Unidad Asociada al C.S.I.C.), en una asignatura optativa del Plan de Estudios de Ingeniería Industrial vigente desde el año 1994 y que ha posibilitado la formación de dos centenares de alumnos en cuatro promociones en el ámbito industrial de la fabricación con materiales plásticos en el sector de la automoción. En esta experiencia se han utilizado desde sus comienzos ejemplos y casos reales motivando a los alumnos a un trabajo integrador y completamente pegado a la realidad cotidiana de los ingenieros industriales en el automóvil.

## 2. Objetivos y justificación

La asignatura Diseño de Componentes de Plástico en el Automóvil nace con el cambio de Planes de Estudio en la titulación de Ingeniería Industrial en la Universidad de Zaragoza (Plan 1994), correspondiendo su primer año de docencia, al ofertarse como asignatura bienal optativa de Segundo Ciclo al curso 1998-1999. Desde entonces, son cuatro las ocasiones en las que ha tenido presencia en la titulación, con un número de alumnos muy

alto dentro de las diferentes optativas presentadas (entre 40 y 70 matriculados, correspondiendo el número menor al curso 2006-2007 dada la considerable reducción de alumnos experimentada en el conjunto de las titulaciones universitarias). La carga docente asignada por el plan corresponde a 3 créditos teóricos y 3 créditos prácticos, con un total de 60 horas/alumno.

El equipo docente ha sido siempre grupal, con participación como mínimo de tres docentes entre teoría y práctica y con apoyos puntuales para diferentes actividades programadas, de otros miembros del Área. La mayor experiencia acumulada por un equipo motiva esta elección, aún a costa de un mayor esfuerzo de coordinación entre las diferentes sesiones, pudiéndose también establecer un tribunal evaluador con diferentes puntos de vista sobre los trabajos realizados por el alumno. Los autores han compuesto el núcleo principal de esta asignatura, dándole la necesaria continuidad temporal.

El objetivo prefijado se centra en *acercar el entorno industrial de la fabricación de componentes de materiales plásticos al alumno de últimos cursos de Ingeniería Industrial*, apoyados en cuatro razones:

- En el entorno de Zaragoza (en un área de 300 Km. alrededor de la ciudad) se sitúan diferentes plantas de montaje de vehículos que incorporan elementos plásticos suministrados a su vez por empresas auxiliares, también enclavadas en la misma zona (Valle del Ebro, Cataluña, Valencia, Madrid y País Vasco). Además, España se sitúa entre los primeros productores mundiales de vehículos e igualmente el quinto consumidor “per cápita” de materiales plásticos.
- Detección de una carencia en la industria, dentro de los ingenieros de proyecto en materiales plásticos, puesto que las asignaturas habituales como Ciencia de Materiales y Procesos de Fabricación no pueden entrar en detalle en las particularidades específicas de los procesos con materiales plásticos.
- Existencia de un grupo de investigación aplicada con experiencia industrial avalada por el desarrollo de más de dos centenares de proyectos en diferentes ámbitos industriales sobre piezas de plástico, tanto en automoción como en otros sectores (línea blanca, embalaje, juguete,...).
- Posibilidad de utilizar herramientas industriales CAD-CAE adquiridas merced a los diferentes trabajos de I+D+i desarrollados por el T.I.I.P. durante los años 80 y 90, en versiones educacionales para los alumnos (software Moldflow de simulación de proceso de inyección, software Pro-Engineer de Diseño de componentes, etc.).

Este singular conjunto permite trabajar en un problema industrial real fuera del marco de una empresa, con la necesaria libertad y el criterio técnico preciso, lo que permite un aprendizaje por parte del alumno guiado por completo por el equipo docente y la bibliografía técnica disponible.

Todavía quieren los autores resaltar un elemento diferenciador de este ámbito de la fabricación frente a otros sectores: la importante especialización de los diferentes “roles” involucrados en el desarrollo de un proyecto de ingeniería en plásticos requiere de conocimientos interdisciplinarios y una amplia visión de conjunto con apoyo, al menos en : procesos de fabricación (inyección, mecanizado, ...), transferencia de calor (para el problema térmico asociado al enfriamiento del material), mecánica de fluidos, resistencia y diseño mecánico, ciencia de materiales, etc. En la vida industrial, es habitual que el diseñador carezca de conocimientos de fabricación, el proveedor de materia prima desconozca el fundamento del diseño del molde o utillaje, el moldista no tenga acceso a la fase de diseño donde nace el condicionamiento para el molde a realizar, etc... Tan sólo el jefe de proyecto, responsable último y, por naturaleza técnico superior, debe enfrentarse a tan nutrido grupo de profesionales con muy distintos intereses.

### 3. Metodología y contenidos de la asignatura

La asignatura se ha estructurado desde sus inicios más como un proyecto que como una materia prefijada: tras una introducción general al sector industrial y su problemática (que en ocasiones ha sido realizada por profesionales invitados) se forman grupos de trabajo entre cuatro y seis personas (según el número de alumnos matriculados) y se adjudica a cada grupo una geometría de trabajo, una pieza real de automoción (Figura 2) y unos condicionantes generales: fecha de inicio de fabricación seriada, número de unidades previsto por año, versiones en su caso de la pieza (lado izquierdo y derecho, por ejemplo), colores, exigencias estéticas, etc.



Figura 2: Izquierda: pilar de automóvil; derecha: tapa de filtro.

Dada la muy diversa tipología de componentes, se busca siempre que entre las piezas repartidas a los diversos grupos aparezcan componentes de interior (como pilares, elementos del salpicadero, manetas, asas...), componentes de exterior (paragolpes, rejillas, spoiler...), componentes bajo el capó (filtros, soportes...). Igualmente se procura proponer casos diversos de fabricación: gran número de piezas (por encima de un millón) para piezas pequeñas y series cortas (diez mil) para piezas de gran tamaño que puedan equipar vehículos de alta gama. Con esto, los alumnos ven que cada referencia tiene una “vida propia” y una casuística bien diferenciada.

A partir de este momento, *las sesiones teóricas* tratan de presentar el curso de un proyecto de ingeniería, con cuatro bloques de trabajo:

- Fase de diseño del componente: se presentan propiedades de los materiales y su relación con el diseño, familias, aplicaciones y reglas generales del diseño con materiales plásticos, a modo de recordatorio de las diferentes asignaturas relacionadas. Como elementos característicos, merecen destacarse la introducción del Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE) y el análisis de factibilidad, donde deben introducirse términos específicos de las piezas plásticas como desmoldeo, determinación del número de cavidades en un molde de inyección, etc.
- Fase de diseño del proceso: se estima el tiempo de ciclo y la célula de trabajo necesaria y el coste asociado a la fabricación para cada componente. Esto permite a los alumnos relacionar decisiones de diseño técnicas con decisiones económicas, acercando el mundo industrial y la responsabilidad futura de su labor al aula.
- Fase de industrialización: cada grupo debe plantear tanto forma de transporte, embalaje si procede, pautas de inspección, cotas de referencia, para simular la puesta en marcha de la producción y su problemática.
- Por último, de forma transversal a estos temas, los distintos profesores presentan en clase ejemplos de diferentes tipologías de piezas y su resolución, con introducción de tecnologías especiales de fabricación, técnicas de prototipado y su utilidad en la

fase de diseño, cargas de todo tipo sobre los componentes (mecánicas, térmicas, exigencias de aspecto, dimensionales...) De esta forma, los alumnos pueden extrapolar problemas y alternativas para su componente concreto.

Por su parte, *las sesiones prácticas* son de aplicación directa para la realización del proyecto de cada grupo, siendo un total de diez sesiones planteadas:

1. Las dos primeras se dedican al análisis de factibilidad y estimación de costes en anteproyecto, permitiendo al alumno adquirir autonomía para enfrentarse posteriormente a su componente y poder evaluar los costes de una pieza de plástico cualquiera.
2. Las dos siguientes prácticas enseñan el uso, en forma básica, de un programa de diseño asistido por ordenador, Pro-Engineer, en el que dibujar de forma simple la pieza con modelado sólido, así como un plano con las dimensiones significativas de la misma.
3. La siguiente tiene carácter de "hito" en el desarrollo del proyecto, pues hacia la mitad del desarrollo de la asignatura, cada grupo debe presentar en público y ante los profesores el estado del proyecto así como, idealmente, la primera estimación de costes.
4. La sexta práctica se ha hecho corresponder siempre con una visita a una instalación industrial de fabricación de componentes inyectados, para adquirir la comprensión no sólo teórica y formal sino real del concepto de "proyecto" y "fabricación" puesto que son múltiples los aspectos organizativos que no se comprenden en su justa medida sin su visión directa (tamaño de los almacenes, problemas de logística, número de referencias manejadas...). Se han visitado las plantas de Faurecia (Tarazona) y Dinamit Nobel (Tudela) entre otras, como proveedores de primer nivel de la industria del automóvil.
5. Las dos siguientes prácticas corresponden al uso básico de un programa de simulación comercial, Moldflow, para el estudio de la inyección. Mediante la exportación de una malla desde el programa de diseño, se puede realizar el análisis básico de la fase de llenado en la inyección, contrastando de esta forma los valores obtenidos en anteproyecto con una aproximación mediante cálculo numérico basado en modelos de elementos finitos.
6. Se cierra el programa de prácticas con la defensa del dossier de producto realizado, con un índice cerrado suministrado por los docentes, con, como mínimo: un modelo 3D simple de la pieza, un análisis de factibilidad, la estimación de los costes de fabricación y la documentación anexa mínima (pautas de inspección, embalaje, célula de fabricación, cronograma estimado del proyecto...).

La forma de evaluación recoge el peso del trabajo grupal, pero siempre se ha añadido una prueba conceptual de mínimos, con quince preguntas cortas y/o de elección, de forma que es preciso que el alumno supere el 30% de estos contenidos para que pueda superar la asignatura. Como en su mayor parte corresponden con descriptores realizados a lo largo de los trabajos, supone una verificación complementaria de que a título individual cada componente del grupo ha adquirido una visión general del problema.

#### **4. Resultados y ejemplos de los trabajos realizados**

Los docentes se encuentran satisfechos del nivel de autonomía y habilidades obtenidas por los alumnos, que a modo de ejemplo seleccionado entre distintos trabajos se muestran en las Figuras siguientes:

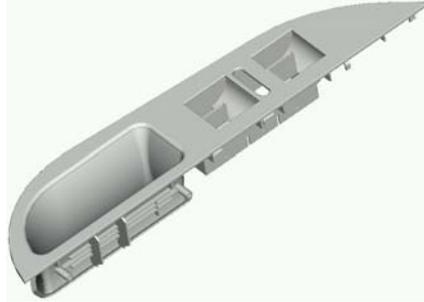


Figura 3: modelo 3D realizado con Pro-Engineer de una botonera de puerta

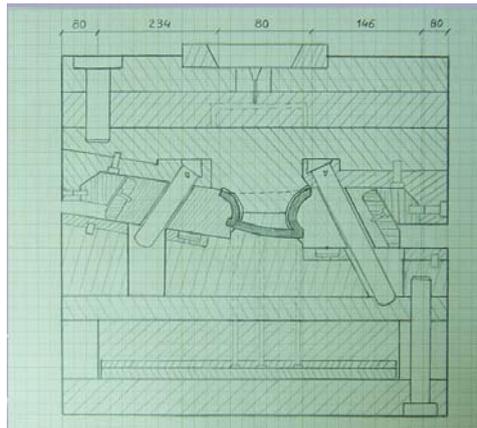


Figura 4: corte del molde en el análisis de factibilidad para la pieza anterior

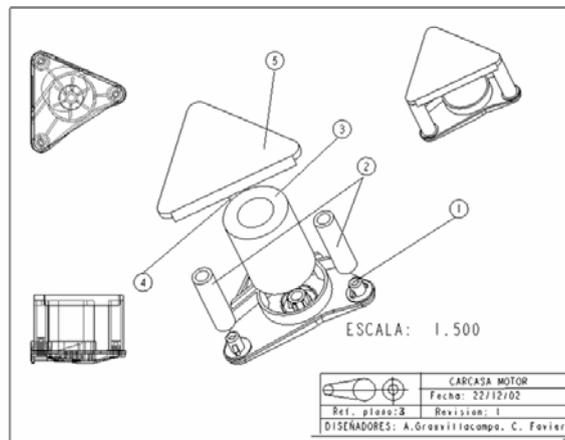


Figura 5: plano con indicaciones de montaje, carcasa

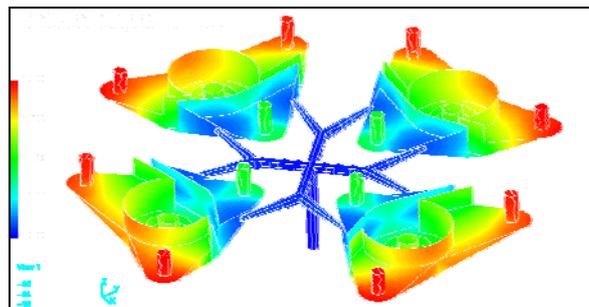


Figura 6: simulación de inyección, llenado, carcasa

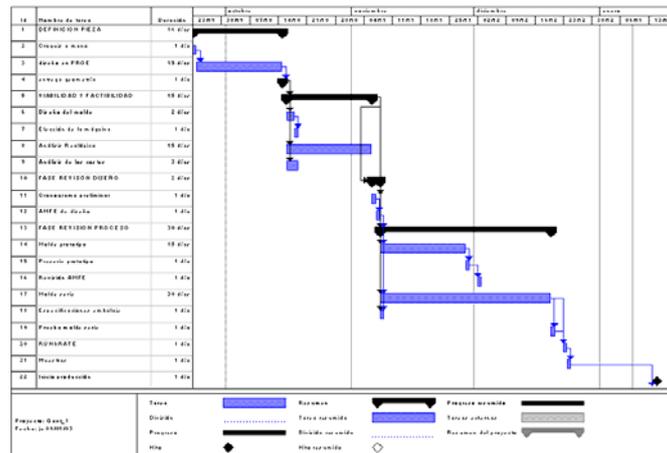


Figura 7: Cronograma de ejecución del proyecto para una carcasa

Por encima del 90% de los alumnos supera la asignatura en primera convocatoria, siendo la nota media de los trabajos evaluados cercana al ocho. La elevada matrícula existente creen los autores que está relacionada con una satisfacción en los alumnos que cursan esta materia optativa. Aquellos alumnos que no superan la nota mínima en el ejercicio de contenidos, deben examinarse de nuevo en las diferentes convocatorias regladas, habiendo superado sin problemas los ejercicios propuestos.

## 5. Conclusiones

La conexión entre Ingeniería e Industria debe reforzarse en la medida de lo posible particularmente si se quiere hacer frente con eficacia a los retos del nuevo marco europeo de enseñanza. Los alumnos que realizan estancias en Universidades europeas nos lo indican, remarcando la carga de trabajos prácticos y ofertas de prácticas en empresas.

Las fortalezas de esta experiencia estriban básicamente en la toma de decisiones siquiera ficticia, la presentación oral de resultados tanto finales como intermedios, la interdisciplinariedad de conocimientos (expresión gráfica, materiales, diseño,...) y el contacto con problemas reales. Dos retos de futuro serían articular trabajos utilizando diferentes "roles" que permitiesen simular no sólo los contenidos técnicos sino también el entorno real, así como introducir vocabulario en diferentes idiomas.

Las debilidades observadas en las presentaciones de los trabajos, dejando de lado las peculiaridades de la asignatura puesto que la casuística es muy diversa, se centran en las representaciones gráficas (dibujos, croquis y acotado más que en el manejo de la herramienta informática utilizada), la tendencia del equipo a "fragmentar" el trabajo según el índice impuesto y la dificultad para manejar los conceptos "plazo" (incluso para la realización del trabajo) y "coste".

Sin duda sería erróneo pensar en que la Universidad debe actuar como una empresa (ni siquiera en Ingeniería, el modo de trabajo en la industria está fuertemente mediatizado por decisiones comerciales y no técnicas), pero por otro lado resulta descorazonador ver cómo alumnos de último curso no han visitado con anterioridad una planta industrial. No obstante, la satisfacción de ver alumnos del Centro Politécnico Superior logrando trabajos de responsabilidad en diferentes proveedoras de primer nivel por diferentes puntos del país es altamente gratificante.

## Referencias

- [1] “Declaración de Bolonia”, declaración conjunta de los Ministros de Educación de la Unión Europea, 1999.
- [2] “Tuning Educational Structures in Europe”, Informe final del Proyecto Piloto, Fase 1, Universidad de Deusto, 2003.
- [3] Yagüe, J.A., Aisa, J. et al. “Formación Universitaria Multidisciplinar: hacia la adquisición de competencias genéricas”, *I Congreso Innovación Docente, Universidad de Zaragoza, 2006*.

## Correspondencia

Área de Ingeniería Mecánica. C.P.S. Edificio Torres Quevedo.  
C/ María Luna 3, 50018 Zaragoza (España).  
Phone: +34 976 76 19 70  
Fax: + 34 976 76 19 69  
E-mail: [tiip@unizar.es](mailto:tiip@unizar.es)  
URL: <http://www.tiip.unizar.es>