

PROYECTOS DE DISEÑO Y PROTOTIPADO DE PRODUCTO

Joaquim Lloveras

D. Proyectos de Ingeniería. Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

Abstract

The Spanish industrial sector is closely linked to Small and Medium Enterprises (SMEs), many of them makes parts for multinational companies that mount products for a global market. Globalization implies a strong competition between companies of a same sector that requires them to offer good products and adjusting prices. Spain is no longer competitive in the cost of labor and in this scenario the subsistence of an important part of our industrial network is at risk and the wealth might descend.

But the Spanish industry has potentiality of development in some new technological areas, and also in design stage of new product. Design projects and product prototyping to prepare for their manufacture anywhere in the world. It is at this early stage of design and prototyping to be directing part of the industry, creating Design Centers that also take into account sustainability criteria.

Education of future engineers, has to pass through its scientific-technical preparation but also to put the accent in the innovation, in applied research, and entrepreneurship.

Keywords: Design and prototyping centers, manufacturing, engineering education

Sumario

El tejido industrial Español está muy ligado a Pequeñas y Medianas Empresas (PYMES), muchas de ellas fabrican piezas para empresas multinacionales que montan productos para un mercado globalizado. La globalización implica una fuerte competencia entre empresas de un mismo sector que las obliga a ofrecer buenos productos y a ajustar precios. España ya no es competitiva en cuanto al coste de la mano de obra y en este panorama corre peligro la subsistencia de una parte importante del tejido industrial y la riqueza social puede descender.

Pero la industria Española tiene potencialidad de desarrollo en algunas áreas tecnológicas punteras, y también en la fase de diseño de nuevo producto. Proyectos de diseño de nuevo producto con su prototipado, para preparar su fabricación en cualquier lugar del mundo. Es en esta primera fase de diseño y prototipado que se habría de encaminar parte de la industria, creando Centros de Diseño y Prototipado que también tengan en cuenta criterios de sostenibilidad.

La enseñanza de los futuros ingenieros, ha de pasar por su preparación científico-técnica pero también ha de poner el acento en la innovación, en la investigación aplicada y en la capacidad empresarial.

Palabras Clave: Centros de diseño y prototipado, fabricación, educación en ingeniería

1. Introducción

En esta introducción se comenta brevemente la estructura del tejido industrial en España y en particular en Cataluña, la encrucijada económica actual de mercado globalizado de los productos industriales y la problemática de los impactos medioambientales asociados.

1.1 Tamaño de la industria en España

El tejido industrial en nuestro país está muy ligado a Pequeñas y Medianas Empresas (PYMES), que suelen considerarse formadas por: microempresas que tienen menos de 10 empleados; las pequeñas empresas con menos de 50 empleados; y las medianas empresas con menos de 250 empleados, que además cumplen unos mínimos de facturación y balance.

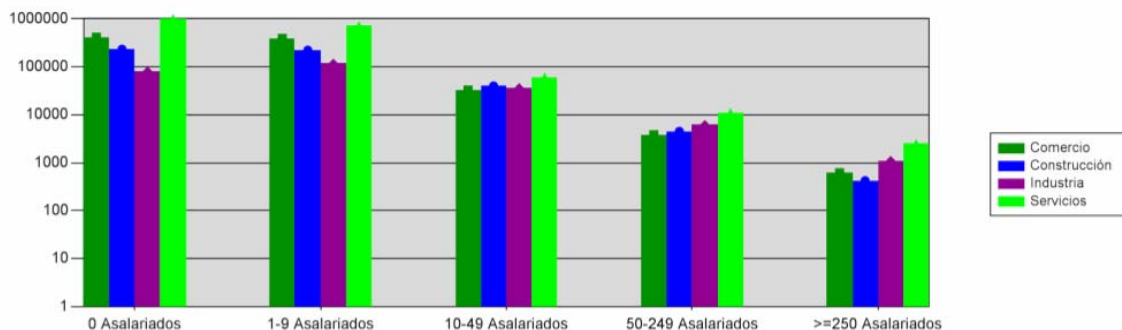
“En el caso español, en el que el 99’9% de las unidades empresariales son de pequeña o mediana dimensión y respondían ya a la altura de 2003 (aún sin incluir las microempresas sin asalariados) del 68’4 por ciento del valor añadido de la economía española y del 79’1 por ciento de su empleo total”. (Colección Panorama PYME, 2009).

Una proporción similar, se da también en otros países. En España, las estadísticas de tamaño y sector de actividad de las PYMES, para el año 2007, se reflejan en la figura 1, (DG de Política de PYME, 2009).



Distribución de empresas por Tamaño y Sector de Actividad

	Año 2007				
	Comercio	Construcción	Industria	Servicios	Total
0 Asalariados	413.408	233.470	82.284	1.023.890	1.753.052
1-9 Asalariados	391.249	222.868	119.448	730.435	1.464.000
10-49 Asalariados	32.764	39.971	36.831	62.267	171.833
50-249 Asalariados	3.820	4.517	6.272	11.285	25.894
>=250 Asalariados	617	423	1.119	2.553	4.712
Total	841.858	501.249	245.954	1.830.430	3.419.491



Fuente INE (DIRCE Año: 2007)

Figura 1. Distribución por tamaño y sector de actividad de las PYMES, en el 2007 (INE)

En la figura 2 se dan las estadísticas del número de empresas por sector y tamaño, en Cataluña, para el año 2005, (CIDEM, 2009).

Número de empresas por sector y tamaño en Catalunya 2005

	Industria	Construcción	Comercio	Resto de servicios	Total	% sobre el total
Microempresas (hasta 9 asalariados)	42.754	72.672	137.192	277.405	530.023	93,48%
Pequeñas (de 10 a 49)	8.364	5.651	6.580	10.855	31.450	5,55%
Medianas y grandes						
De 50 a 199	1.433	404	724	1.842	4.403	0,78%
De 200 a 499	301	42	83	341	767	0,14%
De 500 a 999	81	9	26	110	226	0,04%
De 1.000 a 4.999	34	3	15	85	137	0,02%
5.000 o más	1	1	2	9	13	0,00%
Total empresas	52.968	78.782	144.622	290.647	567.019	100,00%
% sobre el total	9,34%	13,89%	25,51%	51,26%	100,00%	
Total empresas Catalunya	567.019					
Total empresas España	3.064.129					
% empresas (CAT / ESP)	18,51%					

Fuente: INE Directorio Central de Empresas (DIRCE) 2005

Figura 2. Empresas por sector y tamaño en Cataluña en el año 2005 (INE).

Actualmente muchas de las PYMES del sector industrial en nuestro país producen piezas o pequeños productos, y esta industria de componentes es la que suministra las piezas necesarias a las empresas multinacionales radicadas en nuestro país, para montar un producto más complejo que se venderá en un mercado global. Pero en general, las PYMES tienen poco desarrollada la capacidad de diseño propio.

1.2 Mercado globalizado

Otra de las características actuales de las actividades económicas es la de la globalización de mercados.

La globalización de la fabricación y del mercado a nivel mundial, hace que una misma clase de producto pueda ser vendido en todo el mundo. Dicho producto puede contener materias primas que han sido extraídas en diversos países, por ejemplo: plásticos que han sido fabricados en España a base a petróleo extraído de Arabia; cables de cobre cuyo mineral se ha extraído de minas Chilenas, etc. Puede tener partes fabricadas por otras empresas en cualquier parte del mundo, por ejemplo en Alemania, Japón o China, y finalmente ser fabricado o ensambladas sus partes en uno o varios países, como China o India. Una vez producido, se distribuye mundialmente para su venta y es comprado por un usuario con cierta capacidad adquisitiva, por ejemplo un español. Es posible que este usuario después de disfrutar un tiempo de dicho producto, lo deseché o lo venda en el mercado de segunda mano y que el producto cambie de país, por ejemplo a Marruecos. Por último, el producto al final de su ciclo de vida, sea desguzado en el país del último usuario, o incluso en otro país y sus componentes sean aprovechados para ser de alguna manera reciclados en éste u otros países, o que vayan directamente al vertedero en todo o en parte, en aquél país o en cualquier otro.

El trasiego de materias primeras, o de partes fabricadas para el montaje de productos acabados, o de productos acabados, o finalmente de sus restos, se ha vuelto global habiéndose diluido las fronteras de los países.

1.3 Resultados de la competitividad globalizada

Como consecuencia de la globalización de mercados existe una fuerte competencia entre empresas de un mismo sector que ofrecen productos similares.

Es imposible que una empresa, que al ofrecer productos de peor calidad-precio que los de su competencia pueda mantenerse por mucho tiempo en el mercado, ya que los usuarios tarde o temprano dejarán dicha marca para pasar a otra de la competencia que les ofrezca productos de mejor calidad-precio. En esta dinámica, la globalización obliga a las multinacionales a ofrecer buenos productos y a ajustar precios, para que puedan mantenerse en el mercado y en su caso prosperar. Actualmente las multinacionales ofrecen productos en que la funcionalidad y la calidad se sobrentienden y que cumplen con diferentes normas en este sentido.

Esta carrera competitiva hace que las empresas se vean obligadas a innovar sus productos ofreciendo mejores productos para así ganar mercado a su competencia, y es en esta carrera competitiva entre empresas que los usuarios finales salen ganando al tener productos cada vez mejores y con precios más ajustados. Uno de los productos más emblemáticos en este sentido es el automóvil, otro sería por ejemplo el de los electrodomésticos, en los que ha habido un notable desarrollo técnico.

1.4 España en la Globalización

En éste marco globalizado, España no es competitivo en cuanto al coste de la mano de obra, ya que hay otros países menos desarrollados tienen la mano de obra más económica y esta dinámica economicista hace que la fabricación se efectúe donde esté la mano de obra más barata. Así, la competitividad obliga a las multinacionales a ajustar los precios de sus productos y por lo tanto a buscar lugares de producción más económicos, lo que por otro lado, repercute favorablemente en el desarrollo material de dichos países.

Al hacerse la fabricación en estos países menos desarrollados, se rompe la unidad entre el diseño y la fabricación, separándose o deslocalizándose ambas actividades. Este hecho ha acentuado la diferenciación entre la actividad de diseño en zonas desarrolladas y la actividad de fabricación en zonas en desarrollo.

En este panorama globalizado, corre peligro la subsistencia de una parte importante del tejido industrial español basado en buena manera en la fase de fabricación, ya que esta actividad de fabricación ha dejado de ser competitiva y en consecuencia si no se actualiza el tejido industrial, la riqueza social puede descender. Pero en cambio se tiene cierta potencialidad en la fase del diseño de productos, ya que la formación recibida por los ingenieros y otras profesiones que inciden en el diseño de productos, es buena. Esto implica que se tendría que reconvertir el tejido industrial español hacia modelos donde se descentralice la fabricación y se potencie la fase de diseño para poder preparar la fabricación del producto en cualquier lugar.

No obstante, siempre quedará la fabricación especializada, o la fabricación de productos difíciles de transportar, o de productos punteros o innovadores que dejen más beneficios

porque aún no ha llegado la competencia de productos similares. También podría quedar la fabricación de piezas con alto coste medioambiental de traslado, como se comenta a continuación.

1.5 Sostenibilidad

Una de las consecuencias de esta globalización de producción y de mercados, son los impactos ambientales que referidos a un producto actual, pueden ser muy dispersos en el mundo y que inciden con diferentes intensidades en los lugares donde se realizan las distintas fases de su ciclo de vida: desde la extracción de sus materias primas, la fabricación, la distribución, el uso y finalmente la retirada. Pero estos impactos que inciden puntualmente en diversos lugares del mundo normalmente acaban afectando de alguna manera a todo el planeta.

El análisis de los impactos en todo el Ciclo de Vida (ACV) de un producto (Capuz et al., 2002), permiten establecer mejoras ya que los temas relacionados con la sostenibilidad se perfilan cada vez más imprescindibles para ser tenidos en cuenta en la actividad industrial, por ejemplo: para la lucha contra el cambio climático.

La crisis financiera actual ha puesto de manifiesto la interconexión de la actividad económica y del mercado, al repercutir en todo el mundo. Pero se alzan voces contra la globalización, en el sentido que hay que frenar el movimiento constante de productos a lo largo del mundo, que se deban exclusivamente a los diferenciales de precios, o que incluso se vuelva a una situación de desglobalización.

La historia muestra que siempre que se ha abierto un mercado nuevo, ha sido con más o menos beneficios económicos para ambas partes, por lo que abrir un mercado global, en principio ha de ir bien para todos, y de esta manera la globalización es positiva para crear riqueza material.

Pero uno de los puntos más criticables a este trasiego de mercancías desde el punto de vista de la sostenibilidad, es que no se tienen en cuenta los impactos al medio ambiente que ello presenta, y que podrían cuantificarse en los costes de reparación al medio ambiente que tal trasiego provoca. Por ejemplo en el movimiento de mercancías se consume energía fósil y se emite CO₂ que tiene efecto invernadero, lo que acrecienta el cambio climático, y la corrección del cambio climático tiene unos costes económicos (a veces difíciles de cuantificar) pero estos costes habrían de internalizarse en el coste final del producto. Solo así sería posible hacer un balance correcto de si es económico o no que un determinado bien vaya de un lado a otro. Lo más probable sería que habría una reducción de la movilidad de algunos productos o partes de ellos, que podrían producirse localmente con un balance económico-sostenible más razonable, mientras que en otros casos sería más justificable su movilidad.

2. Evolución de la fabricación de productos en España

En el apartado anterior se han comentado algunas de las características más sobresalientes que enmarcan la actividad económico-industrial actual, y en este apartado se describe la

evolución en el tiempo y algunas adaptaciones que han tenido lugar en los procesos industriales del ámbito español.

Por ejemplo en Cataluña se desarrolló una actividad industrial poco después de los inicios de la revolución industrial que empezó en Inglaterra, industria que en aquel tiempo requería gran cantidad de mano de obra para fabricar los primeros productos industriales, especialmente en el ramo textil.

Conforme fue evolucionando la maquinaria disponible, se fue substituyendo la mano de obra dedicada a la fabricación, fueron mejorando las condiciones de trabajo a la vez que aumentó el número de personas dedicadas a la gestión, o a las labores de venta y promoción de los productos. Las fábricas actuales parecerían de ciencia ficción a los obreros de hace 100 años, ya que se ha acrecentado la automatización de la producción así como se han mejorado las condiciones de trabajo.

Desde el punto de vista de aportaciones técnicas españolas, fueron diseñados y fabricados algunos objetos técnicos interesantes (ver figura 3), como: el submarino, el autogiro, coches y camiones, el tren articulado ligero, o la fregona (varios Wikipedia, 2009), pero en general no ha sido precisamente abundante o de tecnología determinante en diseño de maquinaria o de productos. Normalmente las empresas optaron por la compra de maquinaria o de tecnología en el extranjero, que junto con unos buenos apaños técnicos, fue posible producir lo suficiente para abastecer básicamente el mercado propio, lo que daba una buena rentabilidad para seguir en esta tónica sin ir más allá. Aunque podría haber sido diferente.

Más adelante hubo la llegada de las empresas multinacionales, más poderosas que muchas de aquí, lo que requirió otra estrategia para seguir en la industrialización. En aquellos momentos se tenía la mano de obra más barata en relación a los países más avanzados, y al implantarse las multinacionales aportaron financiación y tecnología, con diseños de alto nivel, aunque las industrias quedaron aquí como meras fábricas montadoras, como centros de distribución y mantenimiento de los productos de la empresa matriz, o en el mejor de los casos como centros secundarios de diseño.



Figura 3. Réplica submarino Ictíneo II de 1864. Autogiro Pitcairn PCA-2, construido en los EEUU bajo licencia de Juan de la Cierva en 1930. Hispano-Suiza J12 de 1935.

Más recientemente se ha visto claro que la innovación es un motor especialmente importante en una industria desarrollada y se han hecho algunos esfuerzos para analizar la situación y así poder apoyar la innovación en el país (COTEC, 2005; 2008).

Pero la evolución de la fabricación de objetos técnicos a continuado y actualmente al pasar a un estadio globalizado, existen lugares en el mundo con mano de obra más barata que la de aquí. Y ello exige un nuevo cambio de estrategia en España.

3. Centros de Diseño y Prototipado

En estas circunstancias actuales de globalización, quizá lo más acertado en el país sería ir hacia una reconversión del tejido industrial en que se primase la fase de diseño para dar cabida a una industria dedicada al diseño y prototipado de productos, donde la innovación y su optimización serían determinantes (Saiz et al., 2003). Estos diseños serían probados en prototipos, inicialmente de una manera virtual con modelización digitalizada, para probarla más tarde de una manera real con prototipos (Munguía). Estos prototipos y su perfeccionamiento dejarían el nuevo producto listo para su fabricación en cualquier parte del mundo.

Dichos centros de diseño y prototipado, o prototipaje, podrían establecer alianzas con otros centros a nivel europeo para hacer diseños de nuevos productos de categoría mundial.

De esta manera los centros de diseño y prototipado podrían ser empresas con una línea establecida de productos, o bien centros que atendiesen la demanda de varias empresas. Una de las orientaciones que tendrían que tener sería la de diseñar con criterios de sostenibilidad.

Las actividades de diseño propias de estos centros de diseño y prototipado tendrían unas etapas básicas que serían:

- Diseño Conceptual
- Diseño Básico
- Prototipado Funcional y rediseño
- Diseño de Detalle
- Prototipado y rediseño
- Prototipado acabado y probado

Algunos de los recursos necesarios para dichos centro de diseño y prototipado de productos, serían:

- Recursos Humanos:
 - Personal de investigación aplicada: Profesionales de la Ingeniería, de Diseño industrial y de Bellas Artes, necesarios para corporificar las funciones que el producto debe realizar, así como para dar los acabados externos y estética general. Así como profesionales de la economía, para asesorar la viabilidad económica para los nuevos diseños, u otros profesionales que pudieran estar involucrados.
 - Personal de taller.
 - Personal auxiliar.

- Recursos Materiales:
 - Material informático para el dibujo, la modelización virtual y el cálculo.
 - Máquinas de prototipado rápido.
 - Taller de soporte al prototipado
 - Otros

3.1 Centros de diseño y prototipado en una Universidad tecnológica

La Universidad tecnológica ha de enseñar a sus estudiantes a ser buenos profesionales y a ser activos especialmente en investigación aplicada. Ello sería posible con buenos profesores que a su vez hicieran investigación y es por ello que unos centros de diseño y prototipado (Lloveras, 2008) serían muy adecuados a la finalidad de una universidad tecnológica donde se produjesen diseños de productos en los que confluyesen diversas especialidades, ya que la mayoría de los productos actuales están compuestos por diversas piezas que responden a diversos conocimientos que se imparten en diferentes facultades. La realización de prototipos confirmaría, o no, el buen funcionamiento de dichos diseños.

Estos centros universitarios de diseño y prototipado, además de las actividades generales reseñadas anteriormente, podrían tener otras actuaciones:

- Investigación aplicada al servicio de la industria o de soporte a la investigación aplicada de la propia universidad.
- Posible transferencia de resultados novedosos a la creación de nuevas pequeñas empresas.
- Fabricación bajo pedido de una empresa de piezas o productos especiales, que sería atendida como actividad secundaria, si hubiese tiempo disponible.
- Docencia en un Master de investigación

Como consecuencia de los conocimientos y habilidades de sus profesores-investigadores y de la evolución de su actividad en el Centro, podría crearse un Master sobre diseño y prototipado de producto. Los profesores-investigadores serían personas altamente preparadas para transmitir sus conocimientos y también otros profesores de otros centros o universidades podrían participar. La enseñanza de los futuros ingenieros, ha de pasar por la preparación científico-técnica pero también se ha de poner el acento: en cultivar la creatividad para la innovación; en las habilidades de la investigación aplicada en el diseño de productos; y en la capacidad empresarial. Este master podría preparar estudiantes para acceder al doctorado ya que tiene potencialidades de investigación aplicada.

3.2 Crisis y oportunidad actual

El diseño conceptual es una actividad creativa (Lloveras, 2008) de gran importancia para el resultado final de producto innovado, y la creatividad en el país es generalmente buena.

Es posible que la débil situación económica actual provocada por la crisis financiera mundial, haga que no pueda esperarse mucha respuesta de la industria, especialmente de les PYMES, cuya fase de diseño de los productos que produce tiene actualmente menor importancia que la fase de fabricación.

Pero en toda crisis también se abren oportunidades y en este caso, unos Centros de Diseño y Prototipado pueden ser uno de los motores del nuevo tejido industrial o que ayuden a las PYMES a producir nuevos y mejores productos. También de estos centros podrían salir futuras nuevas pequeñas empresas y ser núcleos de investigación y enseñanza.

4. Conclusiones

El tejido industrial Español está basado en su mayor parte en PYMES que tienen más desarrollada la fase de fabricación que la de diseño. La reconversión industrial en profundidad en el país estaría dirigida hacia una potenciación de la fase de diseño. Así unos centros de diseño y prototipado estarían en la línea de la necesaria evolución de la industria.

Así, la subsistencia de buena parte del tejido industrial español, sería posible con un cambio en el que se abandonase progresivamente la fase de fabricación y se apostase por un desarrollo de la fase de diseño y prototipado. Se necesitaría mano de obra cualificada para fabricar prototipos. En este caso, los proyectos para diseño y prototipado dejarían reducida la fase de fabricación de las empresas a la producción y perfeccionamiento de prototipos, que dejaran preparado el producto para ser producido industrialmente aquí o en cualquier lugar.

Muy probablemente la globalización seguirá su curso ya que hay extensas zonas del mundo que están subdesarrolladas y su gente está dispuesta a trabajar en fábricas. Aunque debería corregirse el valor económico de la movilidad de mercancías con la internalización del coste del impacto medioambiental que tienen, y ello implicaría una cierta disminución de lo global en favor de lo local. Las cuestiones sobre sostenibilidad tendrán mayor importancia en el futuro.

Estos centros de diseño y prototipado serían en parte, los herederos del tejido industrial pero adaptados al tiempo y al lugar. Tener también centros de diseño y prototipado en la universidad, daría servicio a la industria del país, prepararía buenos profesionales y se desarrollaría la investigación aplicada. Así mismo podrían proporcionar un Master en diseño de productos bien respaldado en investigación aplicada.

Según este enfoque y considerando la zona económica europea, buena parte de los futuros proyectos de producto serían proyectos de diseño y prototipado.

Referencias

Capuz Rizo, Salvador; Gómez Navarro, Tomás (Editores) "Ecodiseño. Ingeniería del Ciclo de Vida para el desarrollo de productos sostenibles". Ed. Universidad Politécnica de Valencia. 2002.

CIDEM. "Catalunya garantía de éxito. Guía práctica para hacer negocios". Colección de guías de innovación y desarrollo empresarial. Agencia Catalana de Inversiones. Centro de Innovación y Desarrollo Empresarial (CIDEM). Departamento de Trabajo e Industria. Generalitat de Catalunya.

http://www.cidem.com/cidem/binaris/Catalunya%20Garantia%20Exito%20CAST_tcm48-62250.pdf (visitado, Abril 2009).

Colección Panorama PYME 13. "Las PYME españolas con forma societaria. Estructura económico-financiera y Resultados (Ejercicios 2002-2005 y avance 2006)". Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Gobierno de España.

<http://www.ipyme.org/NR/rdonlyres/60C68074-71EF-4F90-BDC4-43E370E12B84/0/PymeFormaSocietaria.pdf> (visitado, Abril 2009).

COTEC. "Capacidades empresariales para la innovación. Su gestión (2005)". Clasicos Cotec de gestion de la innovacion. Cotec, Fundación para la innovación tecnológica

<http://www.cotec.es/index.jsp?seccion=32&id=200602230006> (visitado, Abril 2009).

COTEC. "Informe Cotec 2008": Tecnología e Innovacion en Espana. Informes anuales, Cotec.

<http://www.cotec.es/index.jsp?seccion=29&id=200807030001> (visitado, Abril 2009).

Dirección General de Política de la Pequeña y Mediana Empresa. Paseo de la Castellana, 160 Madrid - España.

<http://estadisticas.ipyme.org/InformesAnualesEmpresas.aspx?idInforme=2> (visitado, Abril 2009).

Lloveras Macià, Joaquim. "Perspectives de l'Enginyeria industrial a Catalunya". L'article del mes. *Fulls dels Enginyers*, N. 252, Juny 2008. Ed. Associació/Col·legi d'Enginyers Industrials de Catalunya, Barcelona, pp. 16-19.

Lloveras, J. "Creatividad para la innovación y la complejidad de los productos industriales". Encuentros Multidisciplinares, Nº 28, Vol. X, Enero-Abril 2008, Tema central: La Creatividad desde una mirada multi y transdisciplinar, Ed. FGUAM, Madrid, pp. 40-46.

Munguía, Javier; Lloveras, Joaquim; Llorens, Sonia, "Development of an AI-based Rapid Manufacturing advice system". *International Journal of Production Research* (en prensa).

Saiz, M. A., Lloveras, J. "Técnica para potenciar la generación de ideas innovadoras, con una reducción del tiempo de análisis y selección posterior" VII Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos. Ed. Universidad Pública de Navarra y AEIPRO (Asociación Española de Ingeniería de Proyectos). Pamplona, 8-10 de Octubre de 2003. Libro de Resúmenes, p. 135. Actas, 03-31.

Wikipedia: inventores/inventos varios:

http://es.wikipedia.org/wiki/Narcís_Monturiol (visitado, Abril 2009).

http://es.wikipedia.org/wiki/Juan_de_la_Cierva_y_Codorníu (visitado, Abril 2009).

<http://es.wikipedia.org/wiki/Hispano-Suiza> (visitado, Abril 2009).

http://es.wikipedia.org/wiki/Automoviles_Pegaso (visitado: Mayo 2009)

<http://es.wikipedia.org/wiki/Talqo> (visitado: Mayo 2009)

<http://es.wikipedia.org/wiki/Fregona> (visitado: Mayo 2009)

Correspondencia

Joaquim Lloveras Macià
Departamento de Proyectos de Ingeniería.
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE DE INGENIERIA INDUSTRIAL DE BARCELONA (ETSEIB)
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)
Av. Diagonal, 647
08028 BARCELONA
Tel. +34 93 401 66 42
FAX +34 93 401 66 46
E-mail: j.lloveras@upc.edu
URL: <http://www.upc.es>