

FABRICACIÓN MEDIANTE TÉCNICAS DE PROTOTIPADO RÁPIDO

Muniozguren, J.^(p), Solaberrieta, E., Larrakoetxea, I., Gorozika, J., Sierra, E.

Abstract

This paper describes the work carried out in the Product Design Laboratory (PDL) of the Faculty of Engineering of Bilbao, in The University of the Basque Country. This laboratory has focused its research on the fields of Rapid Prototyping and Reverse Engineering, leading to the application of these new technologies in product design processes.

Rapid Prototyping technologies are becoming more prevalent in small and medium companies. There is a wide range of technologies available, able to build complex geometries thanks to the layer by layer building process.

This article details innovative methodologies to be followed for a manufacturing with these techniques and analyzes the limitations that come up in the process. The developed case studies can be classified in two groups depending on the origin of the model: in the first case, the design is performed using a CAD program (NX5, CatiaV5...), and in the second, the design is developed by means of Reverse Engineering techniques. In both cases a polygonal model is obtained (STL, PLY, VRML... files) which is processed by the software associated to the Rapid Prototyping machines.

Keywords: Rapid Prototyping, Product Design, Reverse Engineering

Resumen

En este artículo se describe el trabajo realizado en el Laboratorio de Diseño de Producto (PDL) de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Bilbao, en la Universidad del País Vasco. Este laboratorio ha centrado su investigación en los campos del Prototipado Rápido y la Ingeniería Inversa, impulsando la aplicación de estas nuevas tecnologías en los procesos de diseño de producto de las empresas del entorno.

Las tecnologías de Prototipado Rápido son cada vez más frecuentes en las pequeñas y medianas empresas. Existe una amplia variedad de tecnologías disponibles, que permiten construir geometrías complejas gracias a su fabricación por capas.

El artículo detalla metodologías innovadoras a seguir para la fabricación mediante estas técnicas y analiza las limitaciones que se presentan en el proceso. Entre los casos prácticos descritos se distinguen dos situaciones en función del origen del modelo: en el primer caso, los diseños se realizan mediante programas CAD (NX5, CatiaV5,...) y en el segundo, los diseños se desarrollan mediante la aplicación de técnicas de Ingeniería Inversa. En ambos casos se obtienen modelos poligonales (formato STL, PLY, VRML,...) que son procesados por el software asociado a la máquina de Prototipado Rápido.

Palabras clave: Prototipado Rápido, Diseño de Producto, Ingeniería Inversa

1. Introducción

La Ingeniería Inversa y el Prototipado Rápido son dos innovadoras herramientas de diseño, aún poco conocidas, pero cada vez más empleadas en el Diseño de Producto. La implantación de estas nuevas tecnologías introduce grandes mejoras en el proceso de desarrollo de un nuevo producto en cuestión de reducción de tiempo y coste.

En el Laboratorio de Diseño de Producto (PDL) de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Bilbao se están analizando las distintas tecnologías existentes en estas áreas, buscando su aplicación en los procesos de desarrollo de producto de pequeñas y medianas empresas del entorno [1].

Para llevar a cabo este trabajo el PDL dispone del siguiente equipamiento (Figura 1): un escáner 3D (Handyscan Revscan de Creafom) y software de Ingeniería Inversa (Geomagic) y de diseño (CatiaV5, NX5, Solid Edge,...) y las máquinas de Prototipado Rápido Dimension Elite y ZPrinter 450.

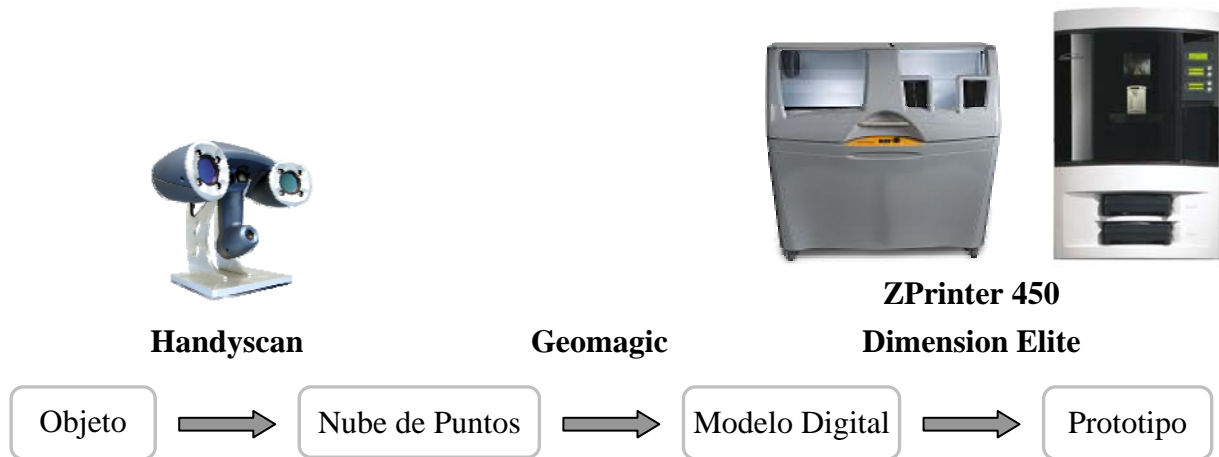


Figura 1. Equipamiento del PDL.

2. El Prototipado Rápido

Durante la etapa de desarrollo de un producto tienen lugar varias revisiones de diseño y la fabricación de uno o varios prototipos se hace indispensable. Las máquinas de Prototipado Rápido permiten obtener modelos físicos directamente a partir de diseños realizados en aplicaciones CAD, de manera rápida y precisa. La disposición de este tipo de máquinas permite a las empresas fabricar sus propios prototipos, sin necesidad de exteriorizar este trabajo.

En las máquinas de Prototipado Rápido la fabricación se realiza a base de superponer capas horizontales. Existen otro tipo de técnicas para la fabricación rápida de prototipos basadas en el mecanizado de alta velocidad, pero generalmente no se incluyen dentro de la denominación de Prototipado Rápido por tratarse de técnicas sustractivas.

Las técnicas de Prototipado Rápido han evolucionado mucho en los últimos años [2]. La calidad de las piezas fabricadas mejora continuamente, y estas máquinas ya no sólo se emplean para fabricar prototipos, sino que también para la fabricación de series cortas. Cada vez son más económicas, por lo que están más al alcance de pequeñas y medianas empresas.

3. Técnicas de prototipado rápido

Se han desarrollado distintas tecnologías de Prototipado Rápido, con los que se fabrican prototipos de distintos materiales (plásticos, metales,...) y características. Identificar la máquina apropiada para cada aplicación puede resultar complicado [3] [4].

Las técnicas se pueden clasificar en 5 grandes grupos, aunque cada empresa fabricante de máquinas de Prototipado Rápido puede introducir pequeñas variaciones.

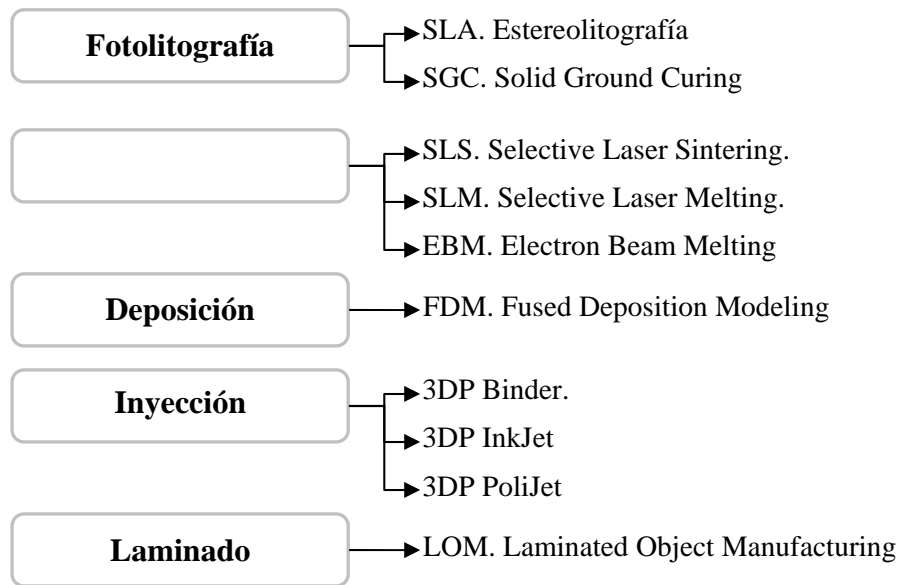


Figura 2. Tecnologías de Prototipado Rápido.

La fabricación por capas permite fabricar geometrías complejas, imposibles de generar mediante los métodos tradicionales. Algunas tecnologías requieren la fabricación de unas estructuras que sirven de soporte a la pieza durante la fabricación.

3.1 Fotolitografía:

La pieza se genera a partir de un polímero líquido fotosensible, que solidifica bajo la acción de la luz.

Dentro de la Fotolitografía la más extendida es la Estereolitografía, que fue la primera tecnología de prototipado rápido (3D Systems, 1987): Se sumerge una plataforma en una cubeta llena del fotopolímero y se eleva hasta que quede cubierta por una fina lámina de líquido. Un rayo de luz ultravioleta describe la geometría de la capa para solidificarla. Las piezas fabricadas necesitan un post-curado para mejorar sus propiedades mecánicas.

Las máquinas Perfactory de EnvisionTEC son variaciones de esta tecnología.

3.2 Fundido / Sinterizado

Estas tecnologías fabrican la pieza a partir de material en polvo (metal, plástico,...). Se extiende una fina capa de polvo sobre una plataforma y se aporta energía para unir las partículas de material que deben formar parte de la pieza. Dentro de este grupo se distinguen distintas tecnologías:

SLS (Selective Laser Sintering): emplea un rayo láser de potencia media para sinterizar las partículas. Las empresas 3DSystems y EOS han creado varias máquinas que se basan en esta tecnología.

SLM (Selective Laser Melting): en este caso el láser funde el material. Las piezas obtenidas tienen buenas propiedades metalúrgicas, con buena estructura de grano. Pueden trabajar con acero, aluminio, titanio,... (Ej.: MCP, Concept Laser,...)

EBM (Electron Beam Melting): en esta tecnología el material en polvo se funde bajo la acción de un cañón de electrones. Las piezas fabricadas con esta tecnología son de alta resistencia y carecen de impurezas. (Ej.: Arcam)

3.3 Deposición de hilo fundido

Un cabezal caliente y deposita un hilo de material en estado semiplástico, que se fusiona con la capa inferior y solidifica al enfriarse. El cabezal genera la capa con dos materiales distintos: el material del prototipo y un material de soporte. Las estructuras de soporte se retiran una vez concluido el proceso de fabricación.

Stratasys tiene una amplia gama de máquinas que se basan en esta tecnología. Entre éstas, las máquinas Dimension son las más compactas y económicas y fabrican prototipos de ABS.

3.4 Inyección de material

Este grupo de tecnologías de Prototipado Rápido se basa en la impresión/inyección de material líquido. En función de la tecnología, se emplean cabezales que disponen de una o varias boquillas, diferentes materiales y sistemas de solidificación. Cada empresa fabricante desarrolla su propia técnica, aunque la mayoría pueden incluirse en alguna de las siguientes:

3DP Binder: es similar al sinterizado selectivo por láser, pero en este caso, el láser es sustituido por un cabezal de impresión que deposita un líquido aglutinante sobre una capa de material en polvo. (Ej. ZCorp)

3DP InkJet: emplea un cabezal con dos inyectores (uno para el material de la pieza y el otro para el soporte). El material de la pieza es termoplástico. Se inyecta en estado líquido y solidifica al impactar sobre la plataforma de fabricación (Ej. Solidscape).

3DP-UV: en esta tecnología se inyecta un fotopolímero líquido que solidifica bajo la acción de una luz UV acoplada al mismo cabezal de los inyectores [5] (Ej. Objet).

3.5 Laminado

La pieza se fabrica mediante superposición de láminas de papel, PVC,... en las que se va recortando sucesivamente la geometría de la capa correspondiente. Suelen aplicar pegamento y calor para adherir las capas entre sí (Ej. Solidimension, 3D Systems).

4. La preparación del prototipo digital

La fabricación mediante las máquinas de Prototipado Rápido es directa a partir del modelo en ordenador. El modelo del prototipo se exporta en la aplicación CAD en formato poligonal. Es decir, se aproxima la geometría del modelo mediante una malla triangular (el formato poligonal más extendido es el STL, pero existen otros: PLY, VRML,...).

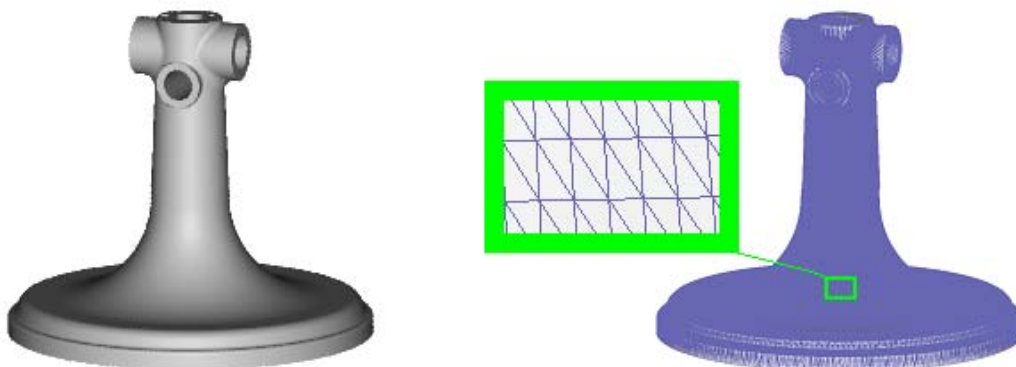


Figura 3. Diseño en CAD y su correspondiente modelo poligonal.

Cada máquina de Prototipado Rápido lleva asociado un software que procesa el modelo poligonal y calcula la fabricación del prototipo: secciona el modelo en capas, analiza la necesidad de estructuras de soporte para sostener las capas (si la tecnología lo requiere) procesa la geometría de cada capa y define los parámetros para su fabricación.

Dependiendo de la tecnología de prototipado rápido, puede ser necesario modificar el diseño del modelo para, una vez finalizada la fabricación del prototipo, facilitar la retirada del soporte o del polvo que no forma parte de la pieza. Además, se deben tener en cuenta las limitaciones propias de cada tecnología: las dimensiones mínimas que pueden generar son función del diámetro del hilo extruido, el láser, el inyector, etc.

5. Dimension Elite

La máquina Dimension Elite se basa en la tecnología Deposición de Hilo Fundido (Fused Deposition Modelling "FDM"). La máquina trabaja con dos materiales: el material del modelo (ABS) y el material del soporte. Para facilitar la retirada de las estructuras de soporte una vez finalizada la fabricación, el material del soporte es un material soluble.

Un cabezal de extrusión calienta el material a 280°C y lo deposita en estado semiplástico sobre una plataforma. La máquina tiene asociado un software (Catalyst) que calcula la trayectoria que debe seguir el cabezal para depositar cada material (modelo y soporte) para generar cada capa.

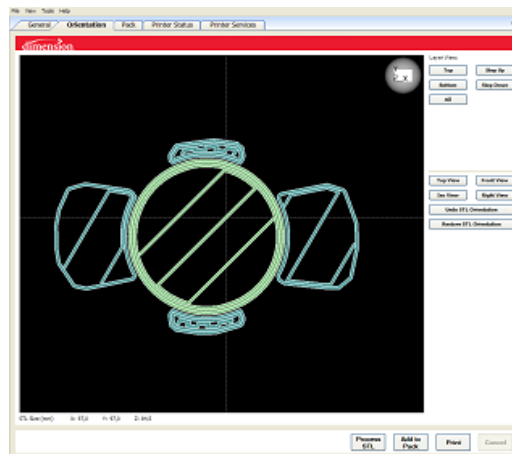


Figura 4. Trayectorias de deposición de material

El material depositado solidifica inmediatamente al enfriarse. Finalizada la capa, la plataforma se desplaza la altura correspondiente al espesor de la capa (0,178 ó 0,245 mm) y fabrica la nueva capa depositando material sobre la anterior. El proceso se repite hasta completar la pieza.

Una vez fabricadas todas las capas, las estructuras de soporte se pueden retirar a mano o disolver en una disolución de Hidróxido de Sodio.

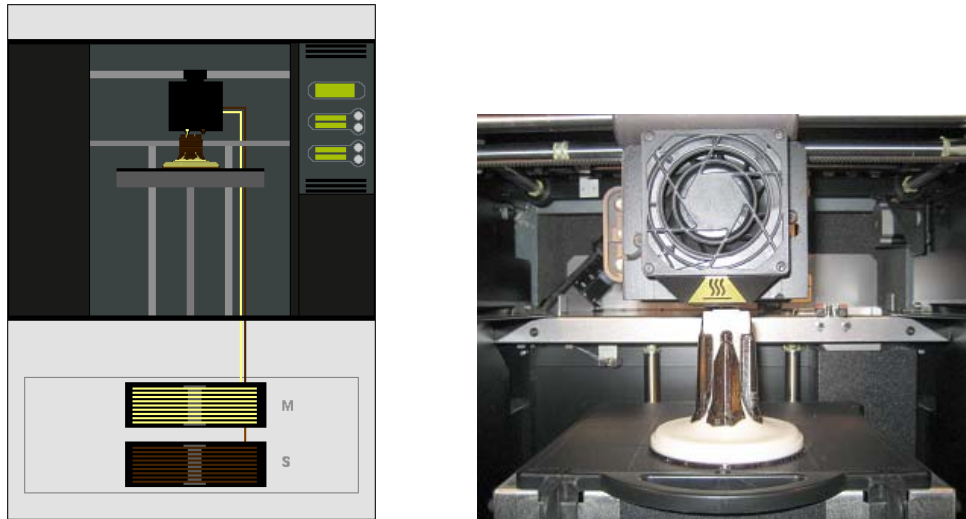


Figura 5. Dimensión Elite

La máquina Dimension Elite tiene un volumen máximo de fabricación de 203 x 203 x 305 mm. En general las piezas fabricadas son resistentes y funcionales, y no requieren ningún tratamiento posterior. Pero las piezas con pequeños espesores, más flexibles, pueden ser endurecidas mediante un líquido soldador. Las propiedades mecánicas de la pieza dependerán de su geometría y de la dirección de fabricación.

La característica soluble del soporte facilita la fabricación de mecanismos montados; durante la fabricación, la máquina genera unas pequeñas estructuras de soporte entre las piezas para evitar que se peguen entre sí. Al disolverse estos soportes, las piezas recuperan su movilidad.

La hélice que se muestra en la Figura 6 es un conjunto formado por dos piezas (hélice y carcasa) que se ha fabricado montado. Las piezas se han diseñado en Solid Edge y se ha montado el conjunto de forma que no exista contacto entre ellas y dejando una distancia mínima tal que la máquina pueda introducir como mínimo una capa de soporte entre dos capas de material que correspondan a piezas distintas. El modelo se ha exportado desde el programa CAD como un único archivo poligonal (STL) que contiene ambas piezas.

En la Figura 6 también se muestra un motor de dos cilindros. La fabricación de este tipo de prototipos permite verificar el diseño de los elementos que componen el mecanismo: comprobar la ausencia de interferencias entre las trayectorias de los elementos móviles del mecanismo, analizar problemas que pueden surgir en el montaje, etc.

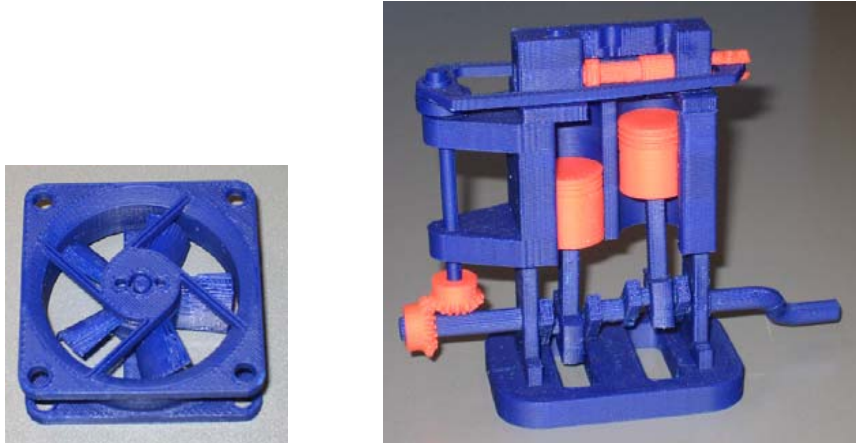


Figura 6. Hélice y motor de dos cilindros fabricada por Dimension Elite

6. ZPrinter 450

La máquina ZPrinter 450 de ZCorp fabrica las piezas a partir de material en polvo. Extiende una fina capa de polvo de 0.089-0.102 mm de espesor sobre una plataforma. Un cabezal inyecta aglutinante y tinta para unir y colorear las partículas que deben formar parte de la pieza. La plataforma baja la altura de una capa, y se vuelve a extender otra capa de soporte sobre la anterior. Esta tecnología no requiere la fabricación de ninguna estructura de soporte, ya que todas las capas de polvo son uniformes. Finalizada la fabricación de todas las capas, se debe esperar un tiempo de secado (90 minutos) para que se endurezca la pieza antes de retirarla de la máquina. Una vez retirado el polvo que rodea a la pieza, es necesario infiltrarlo con un recubrimiento para rigidizar la pieza.

Esta tecnología permite también la fabricación de mecanismos montados: durante la fabricación los huecos entre las piezas se llenan de partículas de polvo no adheridas, y una vez limpiadas, las piezas recuperan su movilidad.

La fabricación por capas permite generar geometrías complejas, que pueden ser imposibles de conseguir mediante las técnicas tradicionales de fabricación. En la Figura 7 se puede ver la imagen de una calavera fabricada con ZPrinter. Esta calavera ha sido digitalizada mediante el escáner 3D Handyscan Revscan.

Este escáner es un escáner láser de mano auto referenciado. Es decir, no necesita ningún sistema externo para calcular su posición. Es suficiente con colocar unas pequeñas pegatinas reflectantes alrededor del objeto que se va a digitalizar. El escáner, al capturar la imagen de al menos cuatro de estas referencias puede calcular su posición. Para digitalizar la superficie, proyecta dos líneas sobre el objeto. El software procesa la imagen de estas proyecciones, y por triangulación calcula las coordenadas de los puntos de la superficie. Y a partir de estos puntos, se genera la superficie poligonal de la calavera. Para poder construir esta calavera en la máquina de prototipado rápido, se le ha dado un espesor de 2mm a la superficie.



Figura 7. Calavera original y fabricada en ZPrinter 450

7. Conclusiones

En los últimos tres años, se ha dado un notable descenso de coste de las máquinas de Prototipado Rápido, haciéndolas accesibles para las pequeñas y medianas empresas.

Por otro lado, las empresas fabricantes de estas máquinas están desarrollando nuevas máquinas que consiguen piezas con mejores características mecánicas y mejores acabados superficiales, e incluso máquinas capaces de fabricar piezas con distintos materiales.

La selección de una máquina de Prototipado Rápido es un proceso complicado, en el que se deben considerar numerosos factores: la resistencia de la pieza, la flexibilidad, el acabado superficial, la precisión dimensional, la maquinabilidad, etc.

Referencias

- [1] Sierra E., Solaberrieta E., Minguez R., Barrenetxea L., Belaustegigoitia B., Larrakoetxea I., "A University company project: design of a new surfboards digital modelling process", 2th international conference of geometry and graphics, Salvador (Brazil), 2006.
- [2] Wohlers T. "Wohlers Report 2006", Wohlers associates, Inc., Fort Collins, USA, 2006.
- [3] Ventaka Rao R. and Padmanabhan K.K., "Rapid prototyping process selection using graph theory and matrix approach", Journal of Materials Processing Technology 194, 2007, pp. 81-88.
- [4] Armillota A., "Selection of layered manufacturing techniques by an adaptive AHP decision model", Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, Vol. 24, 2008, pp. 450-461.
- [5] Vaupotič B., Brezočnik M., Balič J., "Use of PolyJet Technology in manufacture of new product", Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, Vol. 18, 2006, pp. 319-322.
- [6] Willis A., Speicher J. and David B.C., "Rapid prototyping 3D objects from scanned measurement data", Image and Vision Computing, Vol. 25, 2007, pp. 1174-1184.

Agradecimientos

Los autores de este artículo quieren agradecer a la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Bilbao por ubicar el Laboratorio de Diseño de Producto en sus instalaciones y a la Universidad del País Vasco y a la Diputación Foral de Bizkaia por financiar el proyecto.

Correspondencia

Javier Muniozgueren Colindres
Dpto. Expresión Gráfica y Proyectos de Ingeniería
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Alda. Urquijo s/n, 48013 Bilbao
Phone: +34 94 601 4188
Fax: +34 94 601 4199
e-mail: javier.muniozgueren@ehu.es
URL: www.ehu.es/PDL