

EL PROTOTIPADO RÁPIDO EN PLÁSTICO ABS COMO HERRAMIENTA DIDÁCTICA

EGRAFIA 2008

San Juan. 15-16-17 Octubre 2008

AUTORES

Bortolato, Matías Gustavo - Lenti, Claudia Andrea - Morelli, Rubén Darío – Verger, Guillermo Ignacio
Universidad Nacional de Rosario - Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura

Departamento de Sistemas de Representación – Av. Pellegrini 250 – Tel.: 0341-480-2649 (int. 248) - E-mail: rdm@fceia.unr.edu.ar
Rosario – CP: 2000 - Argentina.

RESUMEN

La producción de prototipos en el proceso de diseño es una práctica que tiende a generalizarse en la industria. Herramientas tecnológicas como el CAD-CAM (diseño y manufactura asistida por computadora), o el CNC (control numérico computarizado) producen modelos o prototipos directamente desde la interfase de diseño en un ambiente computacional CAD 3D.

Nos proponemos investigar esta tecnología del prototipado para hacer una analogía entre estos procesos de diseño en la industria y nuestro proceso de enseñanza del diseño y la representación gráfica.

Hoy en la industria está disponible un sistema llamado prototipado rápido, que permite fabricar un modelo en plástico ABS a partir de un diseño 3D en sistema CAD. Este prototipado rápido permite producir modelos físicos en poco tiempo y sin mayores complicaciones. La visualización multi-sensorial (visual-táctil) constituye una fuente de información y de comprensión de la realidad que proporciona gran ayuda en el proceso de diseño y representación gráfica. En el desarrollo de piezas u objetos complejos, puede obtenerse mucha más información del modelo teniéndolo en la mano que viéndolo simplemente en el monitor de una PC.

Uno de nuestros objetivos es producir material didáctico innovador que facilite el proceso de enseñanza-aprendizaje y el desarrollo de las competencias para la disciplina Sistemas de Representación.

Por lo tanto esta tecnología abre un camino que permite nuevos aportes al proceso de diseño en las diferentes especialidades de la ingeniería, arquitectura, diseño industrial y todas aquellas actividades afines con el diseño de objetos tridimensionales.

Con este trabajo pretendemos describir el proceso de producción de un prototipo rápido, analizando su viabilidad, y proponer un ejemplo de prototipo en ABS como herramienta didáctica para nuestra actividad académica.

Palabras clave: prototipado rápido, didáctica, plástico ABS.

1.- INTRODUCCION

Con el propósito de potenciar la enseñanza de la representación gráfica, facilitar la construcción del conocimiento y conducir a nuestros alumnos al desarrollo de competencias profesionales, investigamos nuevas tecnologías que se aplican en la industria y que puedan traducirse en nuevas estrategias pedagógicas para nuestras cátedras.

Hoy la industria permite producir prototipos rápidos a escala, en plástico ABS, a partir de un diseño de modelado tridimensional en sistema CAD.

El desarrollo de competencias específicas en los estudiantes [1] nos lleva a buscar un paralelismo y asociación de ideas entre la forma de enseñar la representación gráfica y el proceso de diseño que se hace en la industria. En los procesos de diseño industrial la producción de prototipos o maquetas es una práctica que está cada vez más difundida. ¿Por qué se está generalizando esta actividad? Hay varias razones: costos accesibles, existencia de variada oferta de software de diseño por modelado 3D paramétrico, que basan su lógica en diseñar a través de la geometría de las formas y sus parámetros que pueden variarse según necesidad.

El estudiante podrá recorrer el proceso de diseño a través de analizar un prototipo material pensado, para comprender la idea que lo generó y representarla, permitiendo el desarrollo del raciocinio espacial y la comprensión de formas intrincadas, o bien generar sus propios diseños y luego producir sus prototipos físicos o maquetas.

La tecnología del Prototipado Rápido, gracias a su integración con el CAD y al desarrollo de nuevos materiales, abre innumerables posibilidades como recurso didáctico en el proceso de enseñanza-aprendizaje de nuestra disciplina.

2.- METODOLOGIA

El presente trabajo se desarrollará en las siguientes instancias:

- a) Estudio sobre las técnicas de Prototipado Rápido, etapas del proceso y aplicaciones.
- b) Evaluación de la potencialidad de esta tecnología como apoyo en el proceso de enseñanza-aprendizaje del área Sistemas de Representación.
- c) Propuesta de una estrategia pedagógica superadora que incorpore al Prototipado Rápido como herramienta de análisis y reflexión.

3.- DESARROLLO

3. a) Estudio sobre las técnicas de Prototipado Rápido, etapas del proceso y aplicaciones.

El proceso de prototipado rápido (PR) es la continuación natural del modelado sólido. El diseñador de productos puede obtener rápidamente un modelo físico del diseño de una pieza en lugar de un modelo digital o un dibujo.

El prototipo virtual, que es un modelo en computadora del diseño de la pieza en un sistema CAD, puede no resultar adecuado para visualizar la pieza. Utilizando una de las tecnologías de PR disponibles, puede crearse una pieza física sólida en un tiempo relativamente corto. Se puede examinar en forma visual y sentir físicamente la pieza y comenzar a realizar pruebas y experimentos para evaluar sus ventajas y desventajas.

Existen diferentes tecnologías identificadas genéricamente como de prototipado rápido. Se las puede clasificar en dos

categorías básicas: 1) procesos de remoción de material y 2) procesos de adición de material. Estos últimos se pueden dividir a su vez según la forma del material inicial en el proceso de PR: a) basado en líquidos, b) basado en sólidos y c) basado en polvos.

El enfoque común en todas las técnicas actuales de PR por adición de material incluye los siguientes pasos [2]:

1. Modelado geométrico. Consiste en modelar el componente en un sistema de CAD para definir el volumen que engloba. El modelado sólido es la técnica preferida porque proporciona una representación matemática completa y precisa de la forma de la pieza. Para la creación rápida de prototipos, lo más importante consiste en distinguir el interior (la masa) de la pieza de su exterior, y el modelado sólido proporciona esta distinción.

2. Tesselado del modelo geométrico. En este paso, el modelo de CAD se convierte a un formato en el que sus superficies se aproximan mediante triángulos o polígonos. Los triángulos o polígonos se usan para definir la superficie, al menos de manera aproximada, y tienen sus vértices ordenados de tal manera que pueda distinguirse el interior del objeto de su exterior. El formato de tesselado común que se usa en la creación rápida de prototipos es **STL**, que se ha convertido en la norma de facto como formato de entrada para casi todos los sistemas de PR.

3. División del modelo en capas. En este paso, el modelo en formato de archivo **STL** se divide en capas horizontales paralelas con una separación muy estrecha. Estas capas son usadas por el sistema de PR para construir el modelo físico. Por convención, las capas se forman en la orientación del plano x-y, y el procedimiento de creación de capas ocurre en la dirección del eje z como puede verse en Fig. 1.

En este trabajo se tratará el modelado por deposición fundida (**FDM**). Es un proceso de PR en el que un filamento de cera o polímero se estira sobre la superficie de la pieza existente

desde una cabeza de trabajo para completar cada capa nueva.

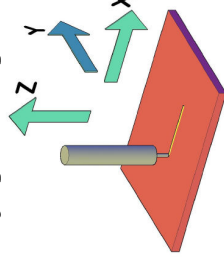


Figura 1. Esquema Modelado por Deposición Fundida

La cabeza de trabajo se controla en el plano x-y durante cada capa y después se mueve hacia arriba una distancia igual a una capa en la dirección z. El material inicial es un filamento sólido alimentado desde un carrete (Fig. 2) hacia la cabeza de trabajo que calienta el material a una temperatura 0.5°C por encima de su punto de fusión antes de estirarlo sobre la superficie de la pieza.



Figura 2. Carrete con filamento sólido enrollado interior.

El material estirado solidifica y suelda a la superficie de la pieza que esta mas fría en alrededor de una décima de segundo. La forma de trabajo es similar a un plotter 3D (Fig. 3). Si se requieren apoyos, se usa un material de soporte separable

fácilmente del material de modelado primario. En nuestro caso, tanto el material inicial como el de soporte será un polímero termoplástico denominado Acrilo Butadieno Estireno (ABS).



Figura 3. Impresora de maquetas 3D y detalle interior.

Las técnicas de prototipado rápido pueden ser aplicadas a las más diversas áreas tales como: arquitectura, ingeniería, topografía, packaging, electrodomésticos, educación, modelado molecular, automoción, diseño de interiores - muebles - calzado, medicina, arte, restauraciones, arqueología y paleontología. Ver Fig. 4.

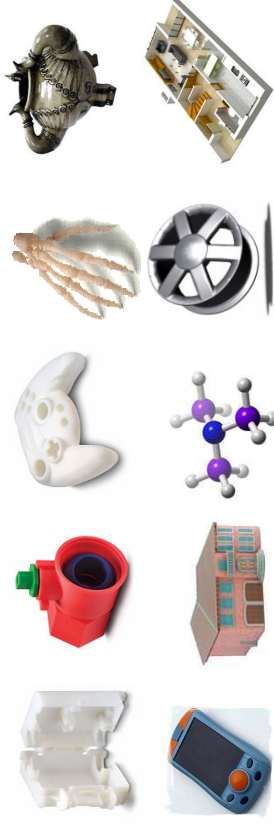


Figura 4. Aplicaciones del prototipado rápido.

3. b) Evaluación de la potencialidad de esta tecnología como apoyo en el proceso de enseñanza-aprendizaje del área Sistemas de Representación.

Los nuevos paradigmas educacionales, como el enfoque del aprendizaje centrado en el alumno, la Formación Basada en Competencias, que en la actualidad es una tendencia internacional en el diseño de los planes de estudio de ingeniería [1], requiere del docente la aplicación de nuevas estrategias pedagógicas y recursos orientados al logro de aprendizajes significativos en los estudiantes, formando a los futuros profesionales que la sociedad actual demanda.

En lo que respecta a la Representación Gráfica, la introducción de los sistemas CAD, desde hace unos 25 años, significó una transformación radical de la “forma de pensar y hacer” en todas las áreas relativas al diseño y la comunicación gráfica. La tecnología gráfica de los sistemas CAD no sólo impactó en el diseño de currículos sino que impuso una nueva geometría digital. La posibilidad del modelado sólido tridimensional partiendo de la geometría 3D de los objetos y, a partir de ese modelado, la obtención de las vistas automáticas en el plano o proyecciones, invirtió la secuencia tradicional del proceso de diseño, pasando de las 3D a las 2D, lo que significó un importante cambio de paradigma para el área de Representación Gráfica [3]. Ver Fig. 5.

Con respecto a los prototipos de modelos o maquetas que se utilizan en la enseñanza del dibujo y diseño, en las escuelas y universidades tradicionalmente se cuenta con una serie de modelos en diversos materiales: madera, metal, isopor, etc, que han sido y son utilizados por los profesores a la hora de enseñar las técnicas de croquisado. Dichos modelos pueden ser piezas de máquinas en el caso de los metálicos o plásticos, o bien realizados

por carpinteros o personas a quien se les encargó su fabricación. Lo cierto es que por ejemplo, en el caso de los modelos de madera, resulta complicado el trabajo de hacer modelos diseñados con curvas y formas complejas. Los modelos responden a formas relacionadas con objetos de la industria mecánica y apuntan a una ejercitación básica y rígida, que tienen que ver con un modo de pensamiento analógico.

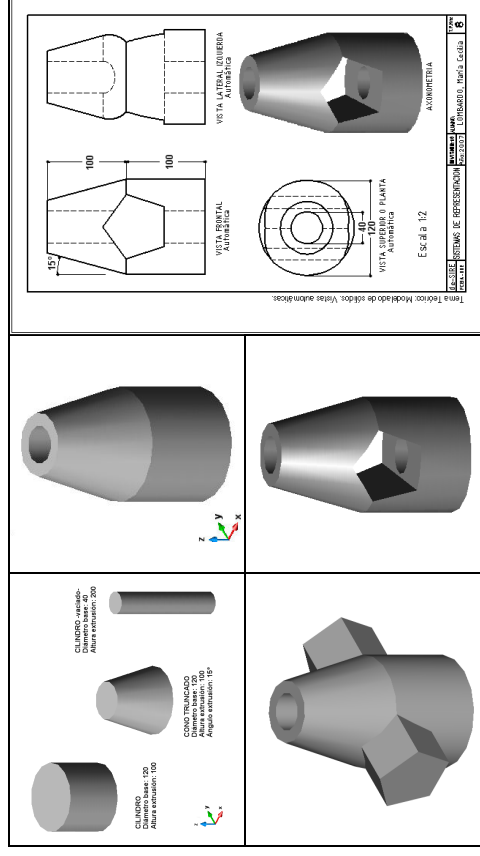


Figura 5. Tutorial del proceso de modelado sólido 3D. Vistas automáticas y axonométrica presentadas por un alumno.

A nuestro entender, la producción de prototipos en el proceso de diseño es una práctica que tiende a generalizarse en la industria. Herramientas tecnológicas como el CAD-CAM (diseño y manufactura asistida por computadora), o el CNC (control numérico computarizado) producen modelos o prototipos directamente desde la interfase de diseño en un ambiente computacional CAD 3D.

¿Es posible hacer una analogía entre estos procesos de diseño en la industria y nuestro proceso de enseñanza del diseño y la representación gráfica?

La respuesta es sí, pues hay una tecnología a investigar que puede aplicarse a la enseñanza de nuestra disciplina gráfica.

Hoy en el mercado está disponible un sistema llamado *prototipado rápido*, que permite fabricar un modelo en plástico ABS a partir de un diseño 3D en sistema CAD. Este prototipado rápido permite producir modelos físicos en poco tiempo y sin mayores complicaciones. La visualización multi-sensorial (visual-táctil) constituye una fuente de información y de comprensión de la realidad que proporciona gran ayuda en el proceso de diseño y representación gráfica. En el desarrollo de piezas u objetos complejos, puede obtenerse mucha más información del modeloteniéndolo en la mano que viéndolo simplemente en el monitor de una PC. El estudiante podrá analizar la geometría de su forma, comprobar su comportamiento, experimentar movimientos y posibilidades de ensambles.

Entendemos que los prototipos ABS constituyen un material didáctico innovador, facilitador del proceso de enseñanza-aprendizaje y del desarrollo de competencias para la disciplina Sistemas de Representación, brindando un apoyo significativo en:

- la enseñanza de Geometría Descriptiva, que es la ciencia base de los Sistemas de Representación, facilitando la comprensión de la espacialidad de las entidades geométricas [4] y la interpretación de los dibujos de planos de representación: el punto, la recta, el plano, los poliedros y los cuerpos de superficie curva, y sus interrelaciones: intersecciones, uniones y sustracciones.

- la comprensión del proceso de diseño e interpretación de planos referidos a las especialidades de ingeniería (mecánica, industrial, civil, agrimensura), diseño industrial, arquitectura y en todas aquellas actividades relacionadas con el diseño de objetos volumétricos. Por ejemplo el ensamble de partes componentes de un conjunto y vaciados en ingeniería mecánica, y la conceptualización de plantas, cortes y análisis de cubiertas utilizando maquetas arquitectónicas prototipadas.

El uso del modelado virtual en 3D para la representación de la forma provoca una inmejorable visualización tridimensional del proceso mental de diseñar, a la vez que elimina la laboriosa tarea de dibujar y resolver muchos problemas de geometría descriptiva en el plano, fundamentalmente en lo referido a intersecciones de cuerpos, ganando el proceso en productividad, calidad y precisión de dibujo. Acordamos con [5] cuando afirman que *“Actuando inteligentemente, podremos dejar las trabajosas tareas de elaboración de los trazados a cargo de las máquinas y detenernos en el desarrollo de la percepción y del raciocinio espacial. Es preciso insistir en que la concentración de esfuerzos debe ser redireccionada de la representación bidimensional de la geometría espacial, para la simulación espacial de estos fenómenos.”*

Por lo tanto es válida la inquietud docente planteada en [3]: *“¿sabrán los estudiantes interpretar correctamente los planos dibujados con vistas automáticas?”*

A partir de la posibilidad del dibujo de vistas en forma automática, cobran mayor relevancia los saberes referidos a la interpretación de planos: el estudiante debe saber leer aquello que el software dibuja automáticamente.

Es aquí donde investigación y docencia deben encontrarse, puesto que es necesario investigar para enseñar y enseñar investigando.

3. c) Propuesta de una estrategia pedagógica superadora que incorpore el Prototipado Rápido como herramienta de análisis y reflexión.

A partir de un ejercicio que utilizamos en una de nuestras cátedras sobre modelado sólido 3D de un cuerpo compuesto por un cilindro y un cono (ver Fig. 5), que sufre vaciados en sentido longitudinal y transversal, nos propusimos hacer el prototipo del mismo, con el objetivo de tener un recurso que permita al alumno analizar y reflexionar sobre la geometría de la forma, ya que con el método de las vistas automáticas para un modelo complejo como éste, evaluamos que hay dificultad por parte del alumno de interpretar en los planos líneas, secciones planas, contornos aparentes, visibilidad, tangencias, etc. es decir, para cerrar el círculo de lo comenzado queda pendiente la interacción directa objeto-alumno para finalizar el entendimiento entre lo existente y lo dibujado.

Con el prototipado de modelos complejos como el planteado, pensamos que el alumno reconocerá fácilmente las curvas básicas de la geometría (elipse, parábola, hipérbola) que no están en modelos más sencillos disponibles actualmente en la cátedra.

El objetivo es lograr además que el alumno se acerque lo más posible a un proceso de relevamiento mediante una primera instancia de croquizado y posterior modelado de lo que surge la necesidad de contar con este modelo de modo tangible y lograr la interacción directa entre éste y el alumno. También, el proceso de creación parte de un croquis. La discusión técnica y de factibilidad parten la mayoría de las veces de éstos. Es nuestra intención que el croquis sea uno de los pilares de nuestro dispositivo pedagógico.

Hoy día es muy común en la industria en el proceso de relevamiento, producir un primer modelo demasiado informal, con un objeto realizado en lo que diríamos “a pulmón” con los medios materiales y técnicos disponibles. Es una necesidad dotarlos de ingeniería.

Volviendo al tema de las cualidades del modelo, éste además, debería ser lo mas versátil posible permitiendo además la comprensión de otros temas de la currícula como podría ser corte y secciones.

En base a los conocimientos obtenidos de la tecnología de PR, y en particular aquella que se encuentra a nuestro alcance (FDM), optamos por un modelo “alveolar”, divisible y encastrable mediante unos tetones que permiten al modelo permanecer unido para su manipuleo. Ver Figs. 6 y 7.

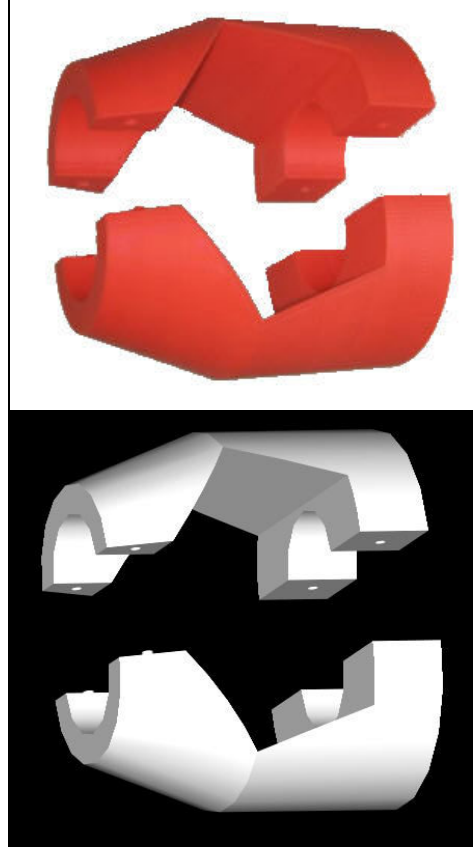


Figura 6. Modelo divisible: CAD-3D y prototipo en ABS.

La cualidad de la fabricación “alveolar”, también conocida como “entramado”, es un proceso donde al interior del modelo se lo dota de una estructura tipo panel, donde prevalece el volumen

vacio sobre el de material. Esta elección es por economía y por creer que no va en detrimento de su durabilidad.

En lo que refiere al encastre, este será a presión. Esto requiere de un estudio de tolerancias entre hueco y tetón de forma tal que este garantice la unión durante el manipuleo, pero que no sea imposible de desarmar.

Una vez separado es factible estudiar el tema corte y al ser una pieza simétrica permite duplicar la cantidad de modelos disponibles.

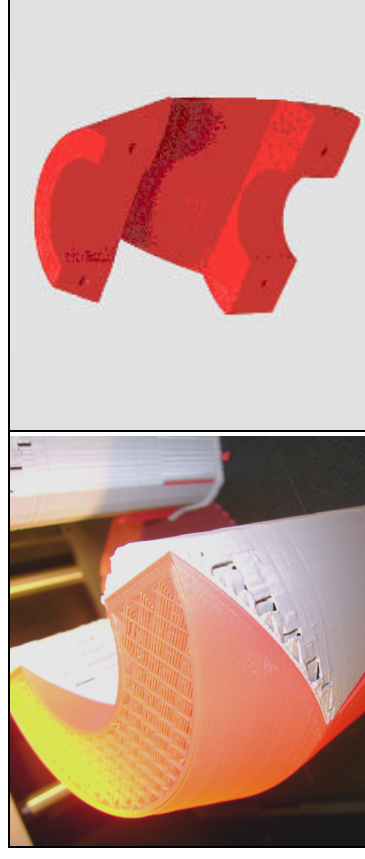


Figura 7. Detalle entramado interno y material de soporte. Prototipo hembra con cavidades para encastre de tetones.

Este modelo sintetiza un proceso CAD-CAM, donde luego del modelado mediante un programa CAD se pasa directamente a la “*manufactura asistida por computadora*”, es decir la fabricación. Tal como se muestra en las Figs. 8 y 9, el prototipado rápido es en sí mismo un proceso CAD-CAM. Así, tendremos con el modelo un testigo tangible de dicho proceso.

Disponer de una herramienta de comunicación física que no ofrece ningún tipo de duda, no permitiendo en consecuencia interpretaciones distintas y/o erróneas. *(En este sentido suele recordarse que: "De igual forma que una imagen vale más que*

mil palabras, un prototipo vale más que mil imágenes, planos, croquis, dibujos...").

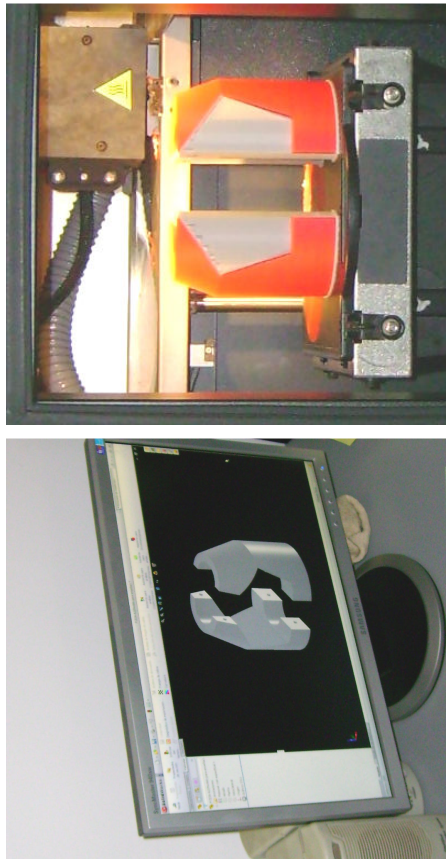


Figura 8. Modelo en etapa de producción. Proceso CAD-CAM del prototipado rápido.

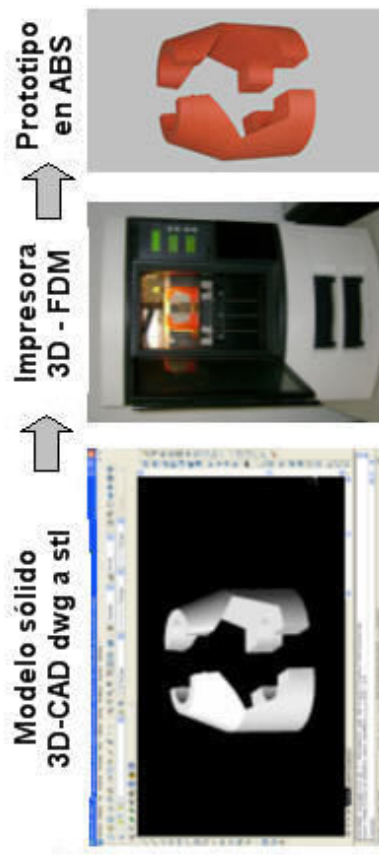


Figura 9. Proceso de producción del modelo didáctico propuesto.

En resumen, el dispositivo pedagógico quedaría constituido de la siguiente manera: Croquizado – Modelado 3D – Plano de definición – Prototipado del modelo. Ver Figs. 10 y 11.

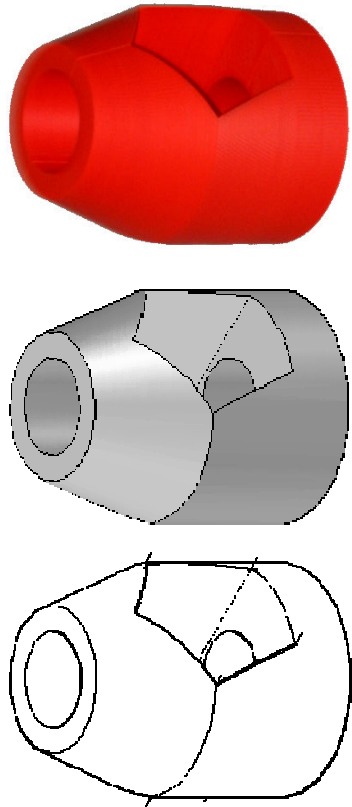


Figura 10. Etapas del dispositivo pedagógico.

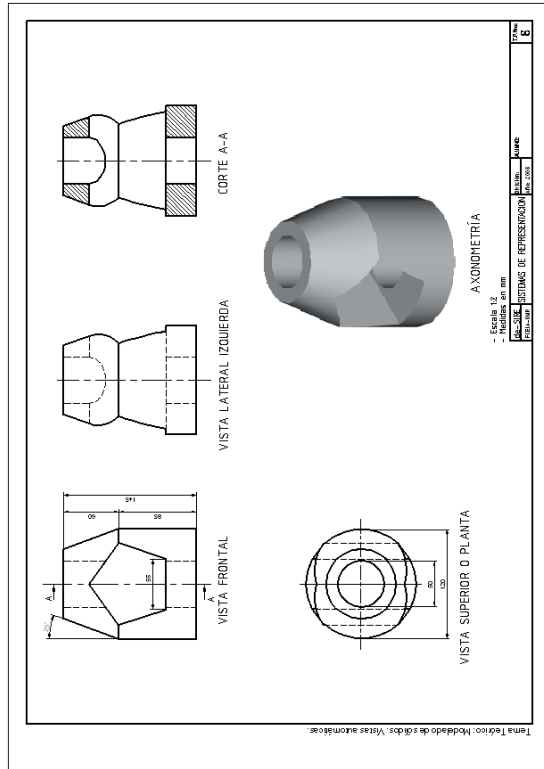


Figura 11. Plano de definición a presentar por los alumnos.

CONSIDERACIONES FINALES

La incorporación de la tecnología de PR, proveniente del proceso productivo industrial, en el proceso de enseñanza-aprendizaje del área Sistemas de Representación, posibilita la transferencia de experiencias de la actividad industrial al aula, por lo que se constituye en una innovación educativa que además está en línea con el concepto actual de formación basada en competencias.

Así como el modelado sólido 3D facilita el diseño de formas complejas y su representación gráfica, el PR permite la fácil materialización de una maqueta real o de un modelo funcional y potencia la capacidad deductiva y el raciocinio espacial del estudiante.

El costo de producción de modelos por PR es un factor limitante para su utilización extendida en ámbitos como el educativo, aunque hoy esta tecnología es mucho más accesible que en sus comienzos, hace unos 15 años. Tan es así que en el prototipo que estamos presentando, fue necesario realizar ajustes dimensionales en el modelo inicial hasta llegar a un modelo viable desde el punto de vista económico.

De todos modos, hoy esta tecnología está a nuestro alcance, por lo que pensamos que en el corto a mediano plazo las impresoras 3D serán un periférico más en universidades, estudios de diseño y hogares.

REFERENCIAS

- [1] MORELLI, R., LENTI, C. (2008). **Educación basada en competencias para el área de Sistemas de Representación. Libro Resúmenes VI CAEDI: "Congreso Argentino de Enseñanza de la Ingeniería"**, Salta, Sep. 2008, ISBN 978-987-633-012-1, 12.
- [2] GROOVER, M. P. (2007). **Fundamentos de manufactura moderna. Ed. McGraw Hill, México, ISBN 978-970-10-6240-1.**
- [3] MORELLI, R. (2007). **Aplicaciones didácticas de modelado de sólidos y vistas automáticas en AutoCAD. Caderno de Resumos: VII International Conference on Graphics Engineering for Arts and Design - XVIII Simpósio Nacional de Geometria Descritiva e Desenho Técnico. GRAPHICA 2007, Curitiba, Paraná, Brasil, Nov. 2007, ISBN 978-85-61172-00-8, 63.**
- [4] FLORIO, W., LASAR SEGALL, M., SOARES DE ARAÚJO, N. **A contribuição dos protótipos rápidos no processo de projeto em arquitetura. Caderno de Resumos: VII International Conference on Graphics Engineering for Arts and Design - XVIII Simpósio Nacional de Geometria Descritiva e Desenho Técnico. GRAPHICA 2007, Curitiba, Paraná, Brasil, Nov. 2007, ISBN 978-85-61172-00-8, 159.**
- [5] PINTO SOARES, C. C., CAMPOS COVA, C. (2007) **Convertendo modelos virtuais 3D em desenhos bidimensionais. Caderno de Resumos: VII International Conference on Graphics Engineering for Arts and Design - XVIII Simpósio Nacional de Geometria Descritiva e Desenho Técnico. GRAPHICA 2007, Curitiba, Paraná, Brasil, Nov. 2007, ISBN 978-85-61172-00-8, 82.**