



PROTOTIPOS RÁPIDOS Y REFLEXIÓN CRÍTICA COMO HERRAMIENTAS PARA ENSEÑAR EL DISEÑO CAD 3D-2D

Rubén Darío Morelli

UNR – Universidad Nacional de Rosario, Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y
Agrimensura – Departamento de Sistemas de Representación
rdm@fceia.unr.edu.ar

Resumen

A partir de conclusiones expresadas en el trabajo *Aplicaciones Didácticas de Modelado de Sólidos y Vistas Automáticas con AutoCAD*, presentado en el Congreso Graphica'2007 surgieron investigaciones que permitieron elaborar propuestas innovadoras para resolver las dificultades de aprendizaje que plantean las herramientas CAD cuando se diseñan sólidos desde el ambiente 3D al ambiente 2D con proyecciones automáticas. En aquella oportunidad se planteaba esta incógnita: “¿sabrán los estudiantes interpretar correctamente las proyecciones dibujadas automáticamente por el software? Creo que aquí falta todavía desarrollar ejercitación que apunte a la interpretación de los planos que dibuja el software por su cuenta. Es fundamental una etapa donde los estudiantes puedan indagar acerca del significado que tiene cada línea del plano, origen y fundamentos de las secciones planas, contornos aparentes, visibilidad, tangencias, etc.”. En este trabajo se presentan nuevas propuestas que resuelven la cuestión, que se apoyan en dos herramientas didácticas. Una de ellas es teórica: la reflexión crítica posterior a la generación automática del plano. La otra herramienta es práctica: el uso de prototipos rápidos, modelados en plástico ABS por impresoras 3D, como ayuda para la visualización y comprensión espacial de los objetos diseñados.

Palabras-clave: modelado 3D, CAD, prototipado, didáctica.

Resumo

Depois das conclusões expressadas no trabalho *Aplicaciones Didácticas de Modelado de Sólidos y Vistas Automáticas con AutoCAD*, apresentado em o Congresso Graphica'2007, surgiram pesquisas que permitiram fazer propostas inovadoras para resolver as dificuldades de aprendizagem apresentadas pelas ferramentas CAD, quando se desenhavam sólidos desde o ambiente 3D para o ambiente 2D com projeções automáticas. Naquele momento se colocava esta dúvida: “os alunos saberão compreender com certeza os desenhos das projeções feitas automaticamente pelo software? Acho que ainda é preciso desenvolver exercícios orientados à interpretação das projeções que o software desenha de jeito automático. É fundamental uma etapa onde os estudantes possam indagar a respeito de que significado tem cada linha desenhada numa projeção, origem e fundamentos das seções planas, contornos aparentes, visibilidade, tangências, etc.”. Neste trabalho apresentam-se novas propostas que resolvem a questão, baseadas em duas ferramentas didáticas. Uma delas é teórica: a reflexão crítica após gerar os planos de jeito automático. E a outra é prática: o uso de protótipos rápidos, modelados em plástico ABS com impressoras 3D, para ajuda da visualização e compreensão espacial dos objetos desenhados.

Palavras-chave: modelagem 3D, CAD, prototipagem, didática.

1 Introducción

Con la introducción de los sistemas CAD, desde hace unos 25 años, la manera de “pensar y hacer la Representación Gráfica” paulatinamente se fue transformando en todas las áreas relativas al diseño y la comunicación gráfica, tanto en ingeniería como en arquitectura. La tecnología gráfica de los sistemas CAD impuso una nueva geometría digital e impacta en el diseño de las currículas de las disciplinas gráficas de escuelas y universidades.

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 o proyecciones dibujadas en el plano de forma automática por el software, invirtió la secuencia tradicional del proceso de diseño. De una lógica de pensamiento bidimensional, que puede sintetizarse con el esquema “2D>3D”, se invirtió el proceso, pasando a una lógica de pensamiento tridimensional que llegó a la generación de la bidimensión como resultado final del proceso, es decir, un esquema “3D>2D”. Incluso, con el uso de la tecnología CAD-CAM (diseño y manufactura asistida por computadora), o CNC (control numérico computarizado) en muchos procesos industriales se llega directamente del modelado tridimensional a la manufactura del producto, omitiendo la generación del plano, o sea un esquema “3D>producto final”. Este concepto significa un importante cambio de paradigma para el área Expresión Gráfica (MORELLI et al., 2008).

El modelado sólido 3D provoca una inmejorable visualización de la forma y del espacio, y potencia el proceso mental de diseñar, y a la vez 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. De acuerdo con PINTO SOARES y CAMPOS COVA (2007) 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, hacia la simulación espacial de estos fenómenos.

En base a lo expuesto, desde el punto de vista pedagógico es válida la inquietud docente planteada por (MORELLI, 2007): “¿sabrán los estudiantes interpretar correctamente los planos (proyecciones ortogonales o vistas) que dibuja el software CAD en forma automática?”. A partir de esta inquietud se llegó a la conclusión de que faltaba todavía desarrollar estrategias didácticas que apunten a la interpretación de los

planos que dibuja el software por su cuenta, es decir, una etapa donde los estudiantes puedan indagar acerca del significado que tiene cada línea del plano, origen y fundamentos de las secciones planas, contornos aparentes, visibilidad, tangencias, etc.

Como respuesta a lo planteado, se presentan en este trabajo parte de los resultados que están surgiendo de un proyecto de investigación aplicada en didáctica para la enseñanza de los Sistemas de Representación, actualmente en desarrollo. Se intentará demostrar cómo se resolvieron las cuestiones planteadas a partir de la utilización combinada de dos herramientas didácticas. Una de ellas es teórica: la reflexión crítica posterior a la generación automática del plano. La otra herramienta es práctica: el uso de prototipos rápidos modelados en plástico ABS por impresoras 3D, como ayuda para la visualización y comprensión espacial de los objetos diseñados.

1 Desarrollo del trabajo

En el Congreso Graphica 2007 realizado en Curitiba, Brasil, presenté un trabajo referido a Aplicaciones Didácticas de Modelado de Sólidos y Vistas Automáticas con AutoCAD. En este trabajo se plantean investigaciones en didáctica aplicada, que surgen de las conclusiones planteadas en aquel momento.

Con el avance de la aplicación en la enseñanza del modelado y generación automática del plano o proyecciones 2D de los objetos, es posible introducir al estudiante en experiencias de diseño de objetos de formas bastante complejas, pero a su vez se dispone de un menor tiempo de maduración de los conceptos teórico-prácticos tradicionalmente requeridos para el diseño: Geometría Descriptiva (representación de cuerpos poliédricos y/o curvos, operaciones gráficas, etc.) y su correspondiente representación gráfica. Objetivamente se comprueba cómo los estudiantes logran confeccionar sus láminas rápidamente, y del mismo modo asimilan los conceptos que surgen de la geometría digital del software. Con un simple tutorial de práctica, los estudiantes resuelven operaciones complejas de modelado como se muestra en la Figura 1.

A partir de la evaluación de estas experiencias, se detectó la necesidad de desarrollar estrategias didácticas que apunten a la interpretación de los planos que dibuja el software por su cuenta. Es fundamental una etapa donde los estudiantes puedan indagar acerca del significado que tiene cada línea del plano (líneas que son la representación gráfica de las proyecciones ortogonales, inclusive los contornos aparentes de los sólidos), origen y fundamentos de las secciones planas sobre los cuerpos, de la visibilidad, de las tangencias, etc.

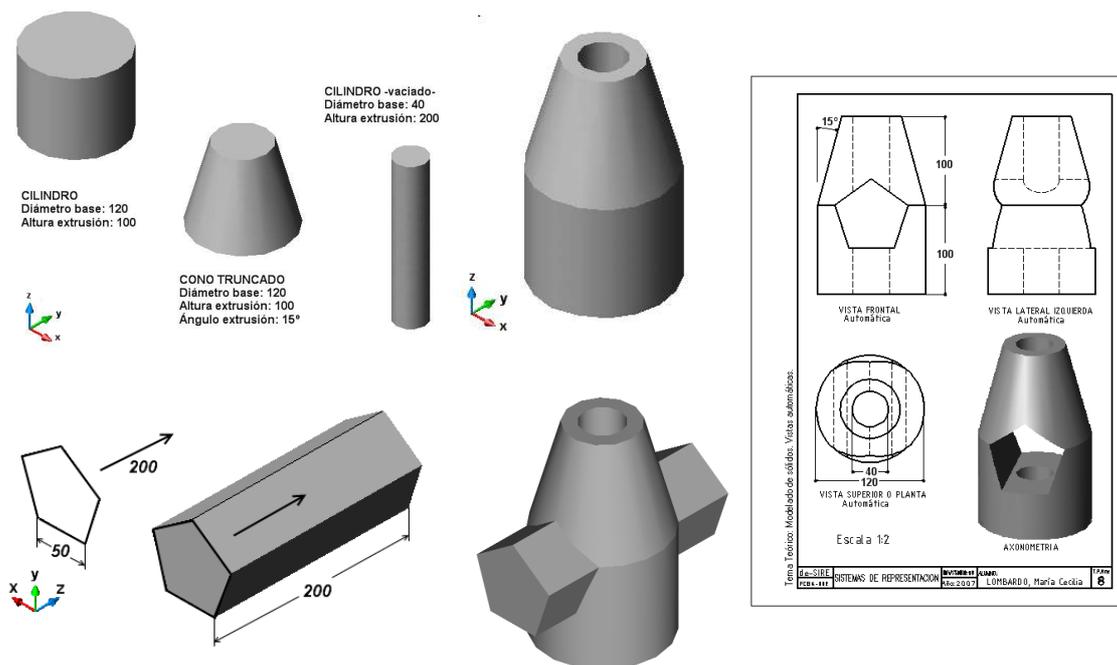


Figura 1: Figuras del tutorial para enseñar modelado 3D y Trabajo Práctico de un alumno.

Luego de una etapa de investigación, y a través de un trabajo empírico sobre la misma práctica de modelado, se reformuló la experiencia de esta práctica en Laboratorio CAD, con el agregado de dos herramientas didácticas, una teórica y una práctica, que permitieron lograr resultados de aprendizaje con respuestas satisfactorias a las cuestiones planteadas. Tales herramientas son:

1. La reflexión crítica sobre las proyecciones automáticas
2. El uso de prototipos rápidos en plástico ABS como ayuda para visualizar y comprender las formas y operaciones de modelado de los volúmenes.

1.1 La reflexión crítica

La “reflexión crítica” es una herramienta educativa teórica, que se usa posteriormente a una experiencia realizada, y que permite discutir, reflexionar y construir críticamente el saber teórico desde el saber que emana de la experiencia realizada, de lo cotidiano.

El ejercicio de modelado en cuestión se reformuló, proponiéndose al alumno que confeccione su lámina de modelado y proyecciones automáticas hechas con AutoCAD, ver Figura 2, basándose en el mismo tutorial preparado por la cátedra para tal efecto.

Posteriormente, como nueva etapa del ejercicio, se le pide que prepare una lámina impresa sólo con las vistas-proyecciones automáticas del sólido dibujadas por AutoCAD, para hacer sobre ella la “reflexión crítica”. Debe dibujar sobre el dibujo base con medios manuales (a lápiz con la ayuda de color) y utilizando una técnica de dibujo menos formal.

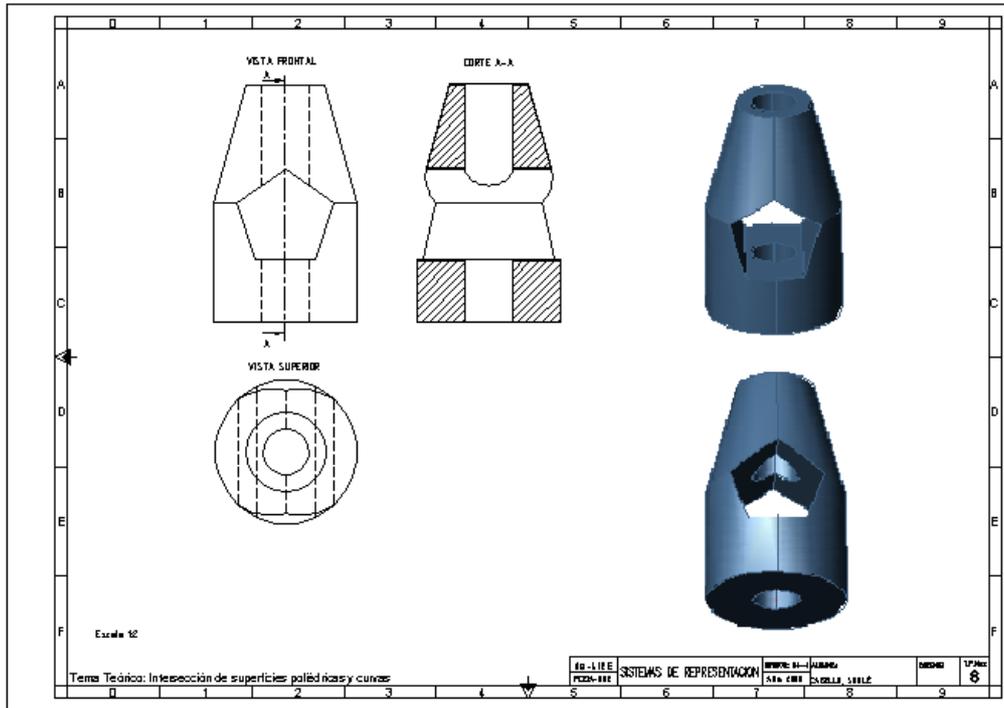


Figura 2: Ejercicio de modelado sólido y vistas-proyecciones ortogonales 2D automáticas.

En la Figura 3 se muestra un ejemplo realizado por un alumno (la imagen fue editada con resaltados para una mejor comprensión por parte del lector).

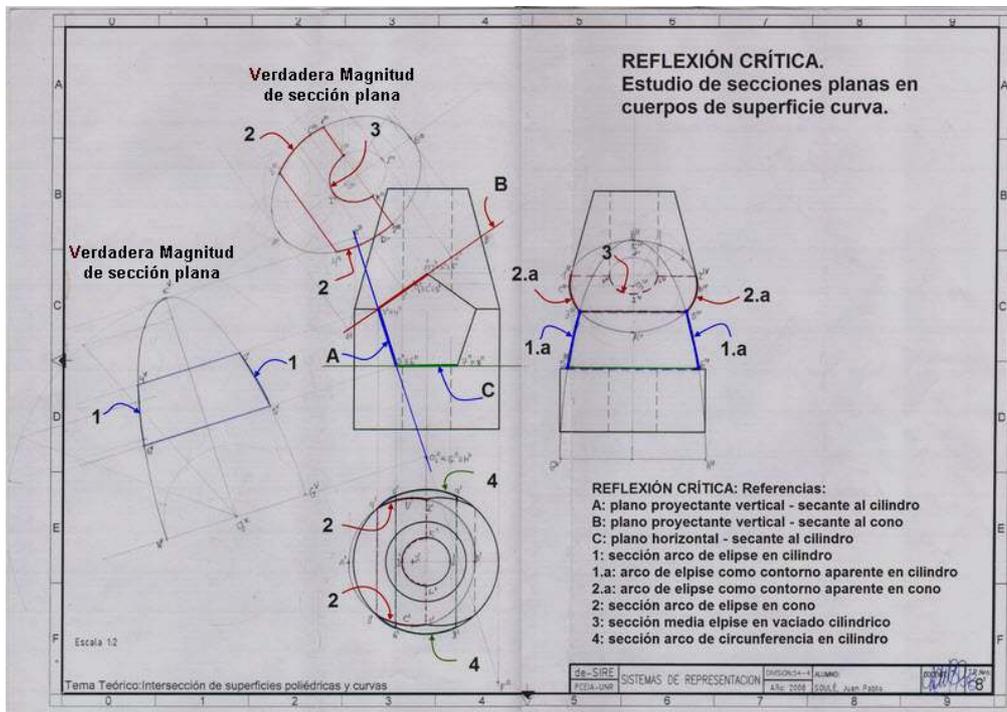


Figura 3: Lámina de Reflexión Crítica

El alumno procede a estudiar y reflexionar sobre las líneas más significativas de la representación, con el objetivo de aplicar los conceptos de Geometría Descritiva vistos en las clases teóricas. Detecta las distintas secciones planas producidas en el

modelo, justifica geoméricamente las mismas, deduce qué tipos de curvas son las que muestran los contornos aparentes, etc. En esta etapa es importante el rol motivador del docente, para lograr que se obtengan conclusiones que completen el aprendizaje.

1.2 El uso de prototipos rápidos en ABS como herramienta didáctica.

Para 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 (MORELLI et al., 2008).

En los procesos de diseño industrial la producción de prototipos o maquetas es una práctica que está cada vez más difundida, debido a que los costos son cada vez más accesibles, y a la existencia de variada oferta de software de diseño por modelado 3D paramétrico. Hoy la industria nos permite producir prototipos rápidos a escala, en plástico ABS, a partir de un diseño de modelado 3D en sistema CAD. Esto posibilita contar un novedoso recurso didáctico en el proceso de enseñanza-aprendizaje de nuestra disciplina. 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 importancia de contar con un prototipo real a escala o maqueta física del proyecto es porque el prototipo virtual, que es un modelo en computadora del diseño de la pieza en un sistema CAD, puede no resultar del todo adecuado para una correcta interpretación de objeto diseñado. Mediante el uso de impresoras 3D para prototipado rápido en plástico ABS, puede crearse una pieza física sólida en un tiempo relativamente corto. Se puede examinar la pieza en forma visual y táctil, y comenzar a realizar pruebas y experimentos para evaluar sus ventajas y desventajas.

Retomando el ejercicio que se describe en este trabajo (modelado sólido 3D de un cuerpo compuesto por un cilindro y un cono -ver Figura 1-, que sufre vaciados en sentido longitudinal y transversal), junto con los colegas de cátedra nos propusimos hacer el prototipo del sólido planteado, con el objetivo de tener un recurso que permita al alumno analizar y reflexionar sobre la geometría de la forma, pues evaluamos que (como anteriormente se dijo), para un modelo complejo como éste, hay dificultad por parte del alumno para interpretar las secciones planas, líneas de contornos aparentes, visibilidad, tangencias, etc. en los dibujos 2D de proyecciones dibujadas en forma

automática por el CAD. Con el prototipo físico del modelo, se consigue la interacción directa objeto-alumno para finalizar el entendimiento entre lo existente y lo dibujado.

La producción del prototipo rápido –que se muestra en la Figura 4- parte del diseño 3D por modelado en un sistema CAD. El archivo CAD (en este caso DWG) es convertido al formato STL y es tomado por una impresora 3D que tiene un cabezal que se mueve en el sentido x-y, y se desplaza verticalmente, tomando el hilo de plástico ABS de un carrete especial (el plástico está allí en forma de hilo enrollado) y lo deposita en capas planas horizontales fundidas y superpuestas.

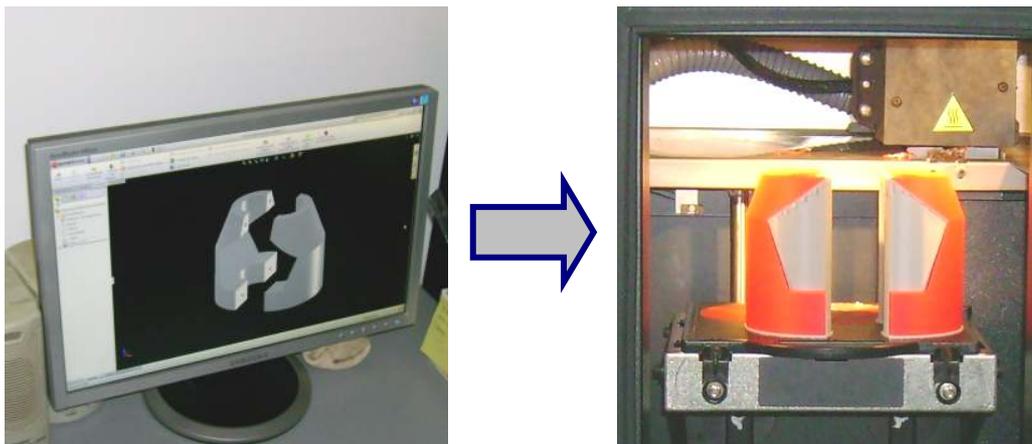


Figura 4: Modelado 3D en CAD e Impresión en plástico ABS del prototipo

De esta manera, la cátedra dispone de una maqueta o prototipo del objeto que el alumno modeló en el trabajo práctico. Ver Figura 5. Este prototipo es utilizado como complemento en el proceso de reflexión crítica expresado anteriormente. Tiene la particularidad de ser divisible por corte en sentido de su eje longitudinal.

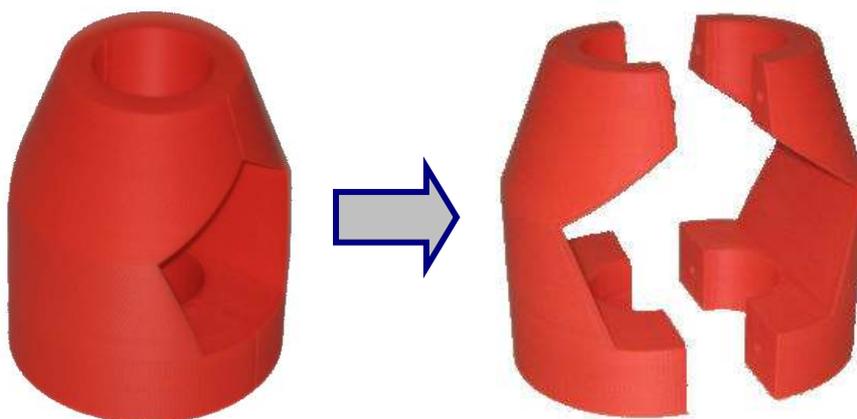


Figura 5: Prototipo en plástico ABS. Divisible por corte longitudinal.

De esta forma se dispone de una herramienta de comunicación física que no ofrece ningún tipo de duda, no permitiendo en consecuencia interpretaciones distintas y/o erróneas. Y parafraseando, toma sentido una esta nueva afirmación: "De igual

forma que una imagen vale más que mil palabras, un prototipo vale más que mil imágenes” (MORELLI et al., 2008).

1.3 Diseño de un prototipo para el estudio de las secciones cónicas

Se presenta el proyecto de un prototipo rápido que tiene por objetivo el estudio y visualización espacial de las secciones cónicas y la generación de nuevas ejercitaciones.

A partir del modelado de un cono recto sólido (ver dimensiones y datos en Figura 6), con sus dos mantos (superior e inferior), se definen cinco planos auxiliares que producen las secciones cónicas típicas: circunferencia (con plano 1 paralelo a la directriz), elipse (con plano 2 oblicuo al plano de la directriz y cortando a todas las generatrices), parábola (con plano 3 paralelo a una generatriz), triángulo (con plano 4 pasante por el vértice), e hipérbola (con plano 5 paralelo a dos generatrices).

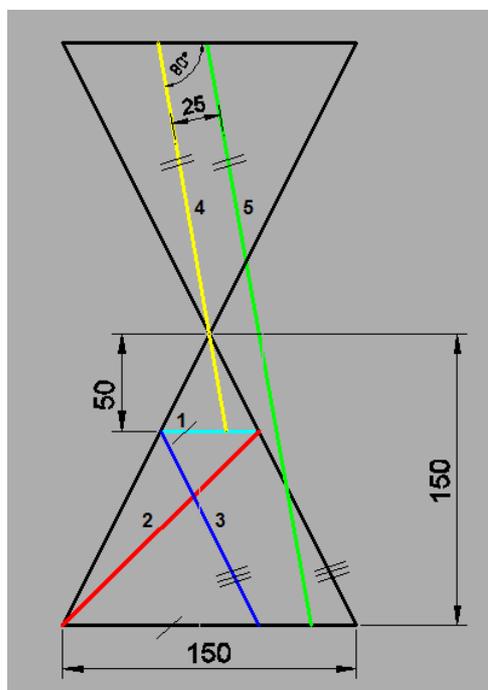


Figura 6: Esquema del modelo cónico seccionado con cinco planos

Una vez resueltas las secciones, operando con los comandos 3D correspondientes, se obtiene un modelo 3D que queda dividido en diez partes, las que a su vez, pueden considerarse como sub modelos cónicos. Ver Figura 7.

A partir de esta concepción, pueden pensarse muchas ejercitaciones de apoyo para la comprensión del tema representación de superficies cónicas y sus secciones planas.

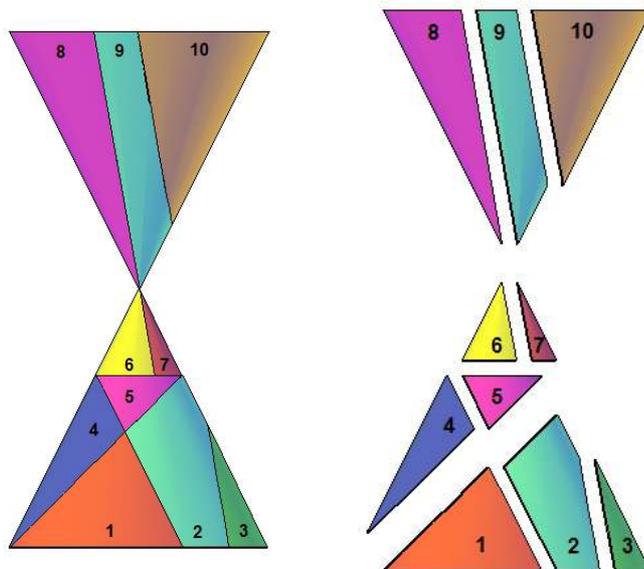


Figura 7: Vistas conceptual y explosionada con las diez sub-partes

La ejercitación más elemental es la de considerar al prototipo como un rompecabezas de 10 piezas 3D (ver Figura 8). A partir de su armado, se pueden ir descubriendo las formas y verificando las secciones planas.

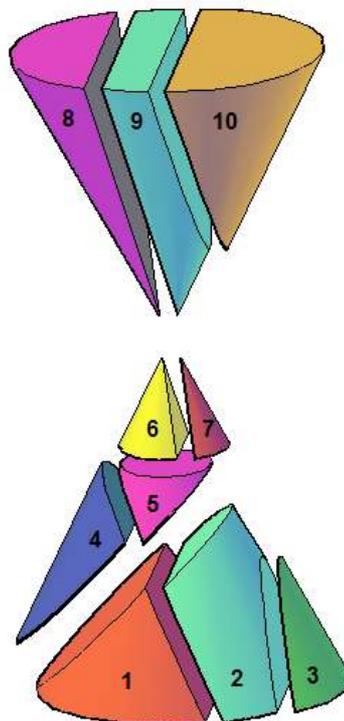


Figura 8: Imagen 3D explosionada del modelo a prototipar.

Otra posibilidad es considerar cada parte como un modelo independiente, y hacer ejercicios a partir de croquis de estudio de la forma, y también reflexionar críticamente sobre su geometría y las posibles utilidades en el diseño. En la Figura 9 se presenta la

parte N° 2, en una posición diferente. En este ejemplo, tenemos cuatro secciones cónicas: elipse, hipérbola, circunferencia y parábola en el plano de apoyo.

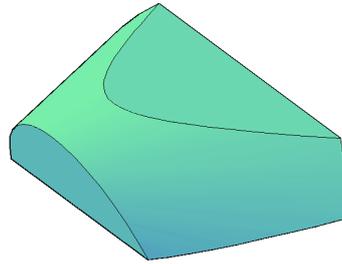


Figura 9: Parte 2 como modelo independiente a prototipar

Para la materialización del prototipo se debe diseñar la forma de unir las partes componentes. Para ello se disponen de pequeños tetones, macho-hembra, para un correcto encastre de las partes. Además, para lograr la estabilidad y unión de ambos mantos cónicos, se diseña una pieza especial, de forma esférica con vacíos cónicos donde se insertan sendos vértices de cada cono. Ver Figura 10.

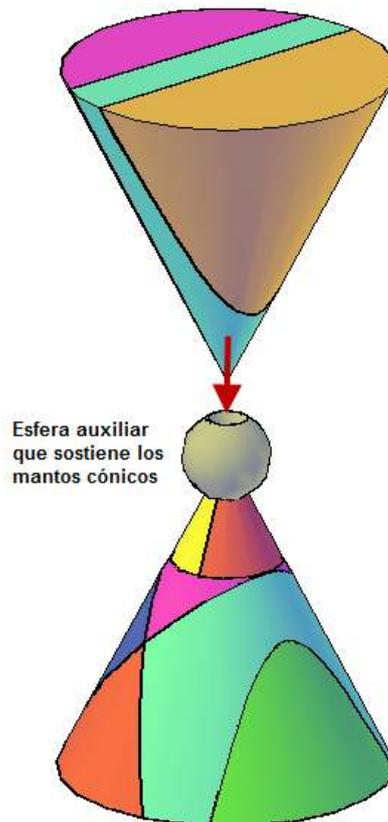


Figura 10: Mantos cónicos del prototipo sostenidos por esfera auxiliar.

1.4 Fabricación del prototipo

El próximo paso es “imprimir” el prototipo en un taller especializado, en nuestro caso trabajamos con el Centro Tecnológico “José Censabella” A.C., del Parque Industrial Alvear, tal como se hizo con el modelo que se muestra en las Figuras 4 y 5.

Los colores del diseño original deben adaptarse a la disponibilidad de colores que tiene el fabricante al momento de prototipar. En base a esto, se elaboró una nueva asignación de colores a las partes del prototipo, quedando el modelo definitivo a prototipar como muestra la Figura 11, en tres colores: verde, amarillo y azul.

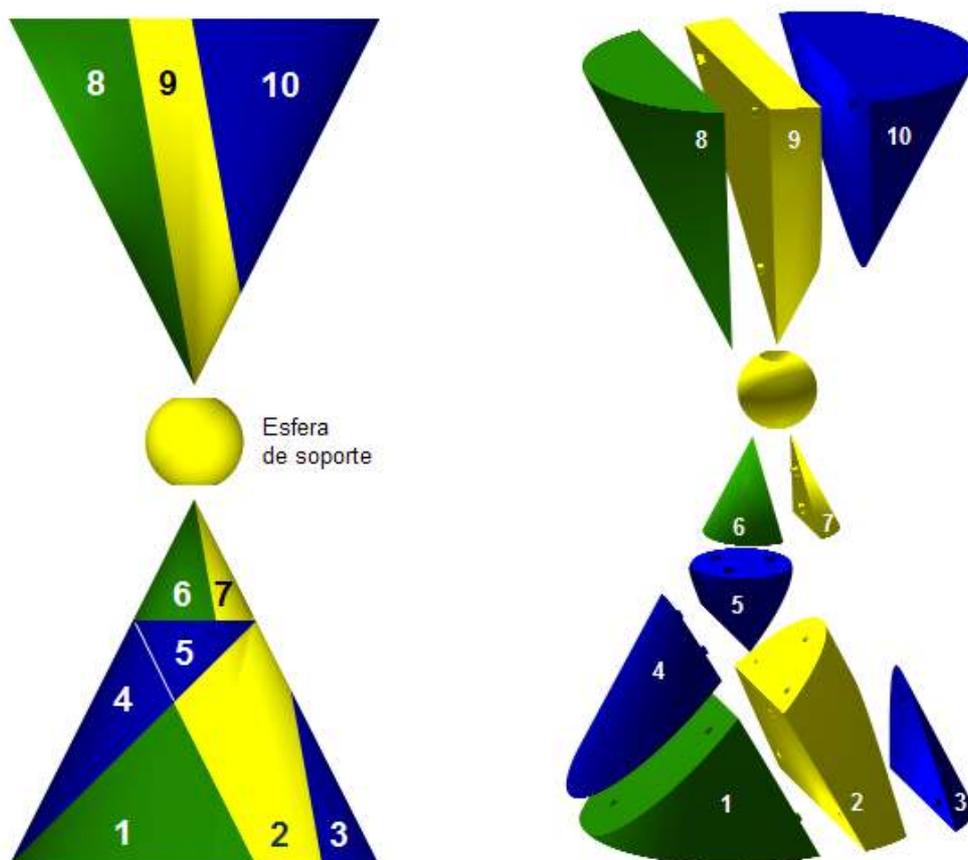


Figura 11: Asignación de colores a las partes y perspectiva explosionada para ver encastramientos.

En la Figura 12 se presenta el prototipo físico, ya terminado en plástico ABS. Se aprecian imágenes del modelo armado, y desarmado en sus 10 sub-modelos.

En la Figura 13 se aprecian las posibilidades didácticas del prototipo, para el estudio de las secciones cónicas a partir de la posibilidad de trabajar con cada una de las diez partes del mismo, o bien creando cuerpos a partir de la combinación de las mismas.

El modelo fabricado no es sólido pues su interior está relleno de un material de soporte alveolar que lo hace más liviano y económico. Cabe señalar que el material plástico ABS con que está fabricado permite el pintado de su superficie.



Figura 12: Vistas del prototipo cónico terminado y sus partes componentes.

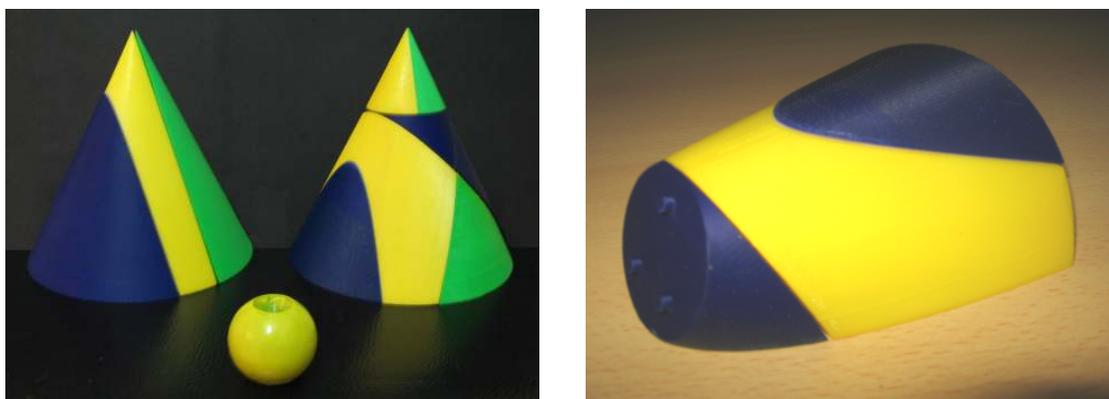


Figura 13: Posibilidades didácticas a partir del estudio de las partes del prototipo

2 Conclusiones

En la cátedra donde me desempeño, comenzamos a trabajar con modelado sólido y vistas automáticas en el año 2007, modificando radicalmente los criterios de enseñanza de nuestra disciplina.

La pregunta abierta que formulaba en el año 2007 (“¿sabrán los estudiantes interpretar correctamente las proyecciones dibujadas automáticamente por el software?”) fue la que motorizó nuevos caminos de investigación en didáctica aplicada. Las dificultades que detectamos en este dispositivo pedagógico, como la falta de ejercitación que apunte a la interpretación de los planos que dibuja el software por su cuenta, se resolvieron en el año 2008 cuando incorporamos las herramientas de reflexión crítica y el uso de prototipos rápidos en las clases de Laboratorio CAD.

Con estos resultados se ha logrado recorrer un círculo virtuoso dentro del nuevo paradigma educativo para nuestra disciplina: la enseñanza de la representación gráfica a partir del uso de herramientas digitales de modelado tridimensional en la secuencia de 3D a 2D.

Agradecimientos

Especial agradecimiento al Ing. Matías Gustavo Bortolato, quien colaboró en la gestión para la fabricación del prototipo. También agradezco por el esmero profesional a los responsables del Centro Tecnológico “José Censabella” A.C. del Parque Industrial Alvear, que tuvieron a su cargo la tarea de materializar nuestros prototipos didácticos.

Referencias

GROOVER, Mikell P. **Fundamentos de manufactura moderna**. 3. ed. México: McGraw Hill, 2007.

MORELLI Rubén. **Aplicaciones Didácticas de Modelado de Sólidos y Vistas Automáticas con AutoCAD**. Anales del “XVIII Simposio Nacional de Geometría Descriptiva y Diseño Técnico y VII International Conference on Graphics Engineering for Arts and Design”. GRAPHICA 2007. Curitiba, Brasil: UFPR-ABEG, 2007.

MORELLI Rubén, VERGER Guillermo, LENTI Claudia, BORTOLATO Matías. **El prototipado rápido en plástico ABS como herramienta didáctica**. Actas del VI Congreso Nacional de Profesores de Expresión Gráfica en Ingeniería, Arquitectura y Áreas Afines. EGRAFIA 2008. San Juan, Argentina: Univ. Nacional de San Juan – EGRAFIA, 2008.

FLORIO, Wilson., LASAR SEGALL, Mario., SOARES DE ARAÚJO, Nieri. **A contribuição dos protótipos rápidos no processo de projeto em arquitetura**. Anais do VII International Conference on Graphics Engineering for Arts and Design - XVIII Simpósio Nacional de Geometria Descritiva e Desenho Técnico. GRAPHICA 2007. Curitiba, Brasil: UFPR-ABEG, 2007.

PINTO SOARES, Claudio C., CAMPOS COVA, Caroline. **Convertendo modelos virtuais 3D em desenhos bidimensionais**. Anais do VII International Conference on Graphics Engineering for Arts and Design - XVIII Simpósio Nacional de Geometria Descritiva e Desenho Técnico. GRAPHICA 2007. Curitiba, Brasil: UFPR-ABEG, 2007.