

**III CONGRESO INTERNACIONAL DE EXPRESIÓN GRÁFICA EN INGENIERÍA,  
ARQUITECTURA Y ÁREAS AFINES  
VII CONGRESO NACIONAL DE PROFESORES DE EXPRESIÓN GRÁFICA  
EN INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y CARRERAS AFINES  
EGraFIA 2010  
Córdoba, ARGENTINA  
08 al 10 de Septiembre de 2010**

**AUTORES DEL TRABAJO**

Morelli, Rubén Darío - Lenti, Claudia Andrea  
Universidad Nacional de Rosario – Fac. de Cs. Exactas, Ingeniería y Agrimensura  
Departamento de Sistemas de Representación  
Av. Pellegrini 250 – Tel: 0341-480-2650 – Int.248 – E-Mail: rdm@fceia.unr.edu.ar  
Rosario – Argentina

**EXPERIENCIA DIDÁCTICA ANÁLOGA-DIGITAL PARA EL APRENDIZAJE  
SIGNIFICATIVO DE LA REPRESENTACIÓN GRÁFICA EN EL AULA**

**Tema:** Área de Docencia

**Subtema:** Nuevas Técnicas Pedagógicas para la enseñanza de la Expresión Gráfica

**RESUMEN**

La tecnología gráfica de los sistemas CAD y demás programas gráficos impuso un nuevo ambiente para hacer geometría: el ambiente digital. Esto plantea un permanente desafío para quienes tenemos la responsabilidad de formar en el área de Expresión Gráfica a los estudiantes futuros ingenieros, arquitectos o diseñadores.

En la búsqueda de nuevas estrategias educativas que permitan aprovechar las nuevas herramientas digitales y la tecnología, investigamos y probamos dos herramientas didácticas: la reflexión crítica posterior a la generación automática del plano y el uso de prototipos rápidos modelados en plástico ABS como ayuda para la visualización y comprensión espacial de los objetos diseñados. El uso combinado de ambas nos permite asegurar el aprendizaje de la geometría de la forma, por parte de los alumnos.

Pero la producción de prototipos rápidos en ABS tiene la dificultad del alto costo, y además el alumno no participa de la generación y producción del modelo didáctico. En el marco de nuestro Proyecto de Investigación sobre “Estrategias innovadoras en didáctica para la disciplina Sistemas de Representación Gráfica”, nos propusimos incluir en nuestra estrategia didáctica el concepto de “aprender haciendo” para nuestros alumnos. Esto significa, que ellos aprendan por experiencia propia, manufacturando sus propios prototipos.

En este trabajo, presentaremos ejercicios de modelado 3D en sistema CAD, donde los alumnos harán el proceso de modelado de determinados objetos con generación automática de los planos, la producción de sus propios prototipos económicos hechos en cartón con una técnica especial, y la reflexión crítica teórica de las proyecciones dibujadas automáticamente por el CAD. De esta forma, intentaremos probar cómo se puede lograr un aprendizaje significativo de nuestra disciplina a través de experiencias innovadoras centradas en el alumno como protagonista del proceso de enseñanza-aprendizaje y orientadas al desarrollo de competencias basadas en el hacer, el pensar y el reflexionar.

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

## 1.- INTRODUCCIÓN

Este trabajo forma parte del Proyecto de Investigación “Estrategias innovadoras en didáctica para la disciplina Sistemas de Representación Gráfica”, que desarrollamos en la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la Universidad Nacional de Rosario. Es un hecho consolidado que se está reduciendo a nivel mundial la duración del ciclo de formación de grado para las carreras de Ingeniería. Entre los fundamentos de este cambio podemos someramente citar que la necesidad de estudiar y actualizarse es para toda la vida del profesional, debido al constante avance de la tecnología y producción del conocimiento. Esto debe servirnos como motivación para investigar nuevas estrategias de superación de estos cambios paradigmáticos.

Dentro del ambiente de la gráfica digital, el diseño por modelado en 3D brinda una inmejorable visualización tridimensional de las formas, y facilita el proceso mental de diseñar. Gracias a la representación automática de planos, que elimina la laboriosa tarea de resolver y representar muchos problemas de geometría descriptiva, se ahorra tiempo y esfuerzo, ganando el proceso de diseño en productividad, calidad y precisión de dibujo. Acordamos con [1] 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.”*

En esta línea de trabajo venimos investigando y haciendo propuestas educativas innovadoras para nuestra área, demostrando la importancia del conocimiento de los fundamentos teóricos de la Geometría Descriptiva para la comprensión de los productos gráficos que se obtienen a través de la incorporación de las nuevas tecnologías gráficas, en lo que damos en llamar la Geometría Digital. Tal como afirmamos en [2] *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.*

En este sentido, detectamos en los procesos de evaluación que los alumnos adquieren rápidamente las competencias de manejo del software CAD en el ambiente 3D, pero demuestran tener falencias a la hora de interpretar las geometrías generadas y las proyecciones ortogonales que dibuja el CAD en forma automática. Como respuesta pedagógica a esta dificultad, incorporamos al proceso de diseño por modelado tridimensional a partir del año 2008 el uso de prototipos didácticos para la comprensión de la forma. Dichos prototipos fueron elaborados con impresoras 3D en plástico ABS con la técnica del modelado por deposición fundida (FDM) como trabajo de cátedra, tema desarrollado en [3] y los resultados fueron expuestos en el congreso EGraFIA 2008 de San Juan [2]. Para completar el proceso de aprendizaje e interpretación de la geometría de la forma por parte de los alumnos, investigamos y probamos el concepto de “reflexión crítica” sobre los planos dibujados en forma automática por el CAD. Así fue como en el año 2009 se presenta en el congreso GRAPHICA 2009 en Bauru, Brasil, un trabajo con conclusiones en ese sentido. Tal como se dijo en [4] *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.*

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. Es un concepto inspirado en las teorías educativas de John Dewey (1859-1952).

En nuestro caso, dicha reflexión crítica (o teórica) consiste en trabajar sobre una lámina base que tiene impresas las vistas automáticas hechas en CAD. Sobre tal lámina base se dibuja con medios manuales (a lápiz con la ayuda de color) y utilizando una técnica de dibujo menos formal. Allí el alumno procede a estudiar y reflexionar sobre las líneas más significativas de la representación, con el objetivo de aplicar los conceptos de Geometría Descriptiva 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.

Como apoyatura didáctica en esta etapa, la cátedra proporciona el prototipo físico del modelo, con el objetivo de tener un recurso auxiliar que permita al alumno visualizar, analizar y reflexionar sobre la geometría de la forma. Tal como afirmamos en [2] *se dispone de una herramienta de comunicación física que no ofrece ningún tipo de duda, no permitiendo en consecuencia interpretaciones distintas y/o erróneas.*

La producción de prototipos rápidos en ABS tiene la dificultad del alto costo, y además el alumno no participa de la generación y producción del modelo didáctico. Con el propósito de resolver la cuestión del costo de los prototipos investigamos y probamos una técnica de prototipado basada en el concepto de múltiples secciones planas utilizando láminas de cartón delgado, similar a la experiencia vista en [5]. El cartón es un material que abarata significativamente los costos en comparación con la impresión en plástico ABS. Esta técnica permite que los alumnos puedan producir sus propias maquetas o prototipos, y de este modo logramos también la participación activa del estudiante en la experiencia.

En este trabajo presentamos ejercicios novedosos de modelado 3D en sistema CAD, con prototipos o maquetas en cartón hechos por los alumnos como material de apoyo a la visualización espacial y posterior reflexión crítica teórica de las proyecciones dibujadas automáticamente por el CAD.

De esta forma, vamos a demostrar cómo se pueden lograr las competencias de nuestra disciplina a través de experiencias innovadoras centradas en el alumno como protagonista de un proceso de enseñanza-aprendizaje significativo basado en aprender haciendo, pensar y reflexionar.

## 2.- METODOLOGÍA

Para una correcta comprensión de la experiencia didáctica que vamos a explicitar, conviene hacer una breve síntesis de cómo se estructura el dictado de la asignatura Sistemas de Representación. La misma pertenece al primer año de la carrera de Ingeniería Civil, aunque los contenidos son básicos y válidos para cualquier terminalidad de ingeniería. Nuestro módulo es cuatrimestral y tiene una carga horaria semanal de 5 horas, las que se reparten en un dictado Teórico-Práctico de 3 horas en aula (se evalúa con dos exámenes parciales) y una práctica de dibujo en CAD en el Laboratorio de Gráfica Digital, con una duración de 2 horas (se evalúa en forma continua con la realización de Trabajos Prácticos). Nuestro dispositivo pedagógico apunta a la completa integración de los momentos teórico-prácticos con la práctica gráfica en CAD. En el aula se dibuja en modo analógico, es decir con útiles manuales. En el Laboratorio se resuelven en CAD ejercicios que en su mayoría desarrollan los contenidos de representación gráfica y geometría descriptiva que se dictan en la teoría.

La experiencia que describiremos es un Trabajo Final Integrador, implementado por primera vez en este primer cuatrimestre de 2010, aún en desarrollo, y a la fecha de envío de esta ponencia, contamos con resultados parciales, ya que no todos los alumnos han completado los trabajos prácticos todavía.

Este Trabajo Final Integrador está pensado como un corolario del cursado. Los objetivos principales del trabajo son dos:

- la consolidación del aprendizaje de los temas centrales de la asignatura (principalmente cambio de plano, poliedros, superficies curvas e intersección de superficies)
- la evaluación de la práctica y manejo del programa CAD, sobre todo en la parte de modelado 3D y generación automática de las proyecciones.

El trabajo se desarrolla en equipo de hasta tres integrantes. Con la actividad grupal afianzamos el logro de competencias de trabajo en equipo. Seleccionamos tres temas significativos:

1. Secciones cónicas
2. Intersección de poliedro con cuerpo de superficie curva
3. Intersección de cuerpos de superficie curva

En base a estos temas, diseñamos diferentes ejercicios que tienen en común estas premisas:

- se debe diseñar un sólido por modelado 3D
- se deben hacer las vistas o proyecciones automáticas con AutoCAD.
- se debe construir el prototipo o maqueta del modelo en cartón.
- se debe hacer la reflexión crítica analizando las proyecciones automáticas con el objetivo de justificar los trazados (tipos de curvas, visibilidad, puntos significativos, etc.) aplicando los conceptos de Geometría Descriptiva vistos en las clases teóricas.
- deben defender el trabajo en un coloquio final, con el apoyo de láminas, maqueta y presentación tipo powerpoint.

### 3.- DESARROLLO

**EJERCICIO 1: Secciones Cónicas.** Partiendo del modelado de un cono recto, el mismo es truncado por tres planos, siendo el modelo la parte comprendida entre los planos secantes y la base. Se obtienen parábola, hipérbola y elipse. Se pide que el plano de apoyo del nuevo modelo sea el plano de la parábola, como muestra la Figura 1.

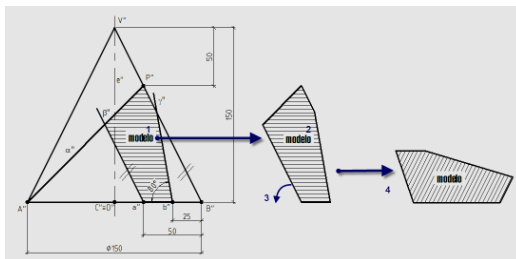


Figura 1. Tronco de cono.

En la Figura 2 se muestra una lámina con dibujo y proyección axonométrica.

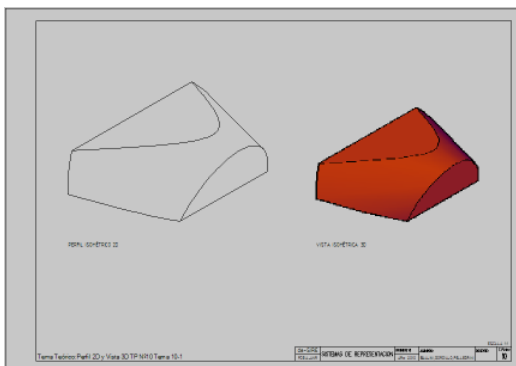


Figura 2. Perfiles axonométricos del modelo

En la Figura 3 se muestran las proyecciones automáticas en Sistema Monge.

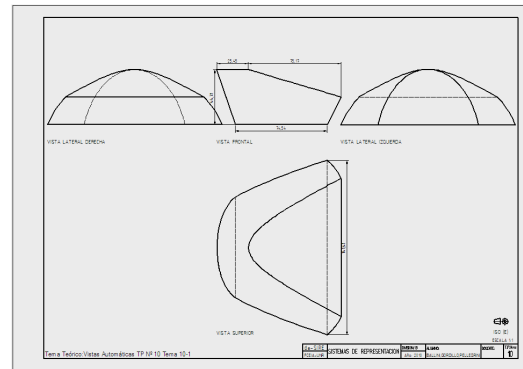


Figura 3. Proyecciones automáticas

En la Figura 4 se muestran imágenes de la maqueta o prototipo de cartón elaborado por los alumnos.

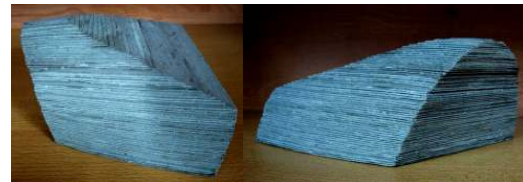


Figura 4. Prototipo tronco de cono Eej. N° 1

En la Figura 5 se muestra el trabajo de reflexión crítica. Las fundamentaciones teóricas fueron dibujadas con útiles tradicionales sobre una lámina impresa con las vistas automáticas como dibujo base. La imagen fue editada digitalmente para una mejor visualización del concepto.

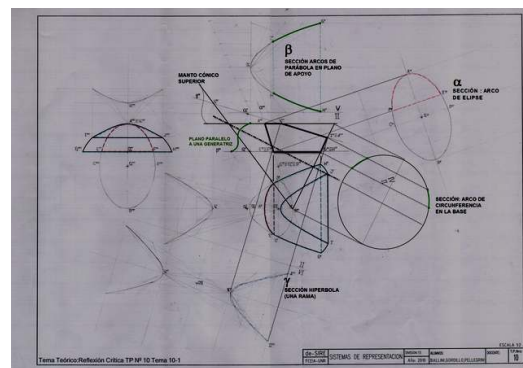


Figura 5. Reflexión Crítica.

A continuación, y por una razón de espacio, se describen los enunciados de los demás temas que son de desarrollo similar a lo expuesto en el Ejercicio 1. Además se acompañan algunas imágenes significativas del desarrollo de cada ejercicio.

**EJERCICIO 2.** Intersección de poliedro con cuerpo de superficie curva. En este caso, se trata de un cubo que es vaciado por un cono recto. Ver Figura 6. En un tutorial están las dimensiones y posiciones prefijadas y pasos para hacer el modelado sólido 3D del cubo vaciado. El cono tiene una generatriz en posición vertical. Tres caras del cubo hacen de planos secantes sobre el cono recto. En la Figura 7 se ven imágenes del modelado 3D.

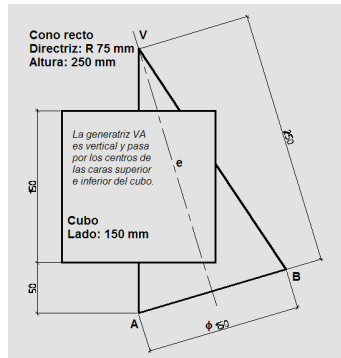


Figura 6. Cubo con vaciado cónico

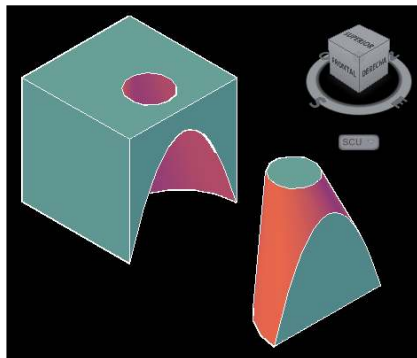


Figura 7. Cubo-Cono y sólido común. Ej. N° 2.

**EJERCICIO 3.** Es una variante del ejercicio anterior. Ver datos en Figura 8

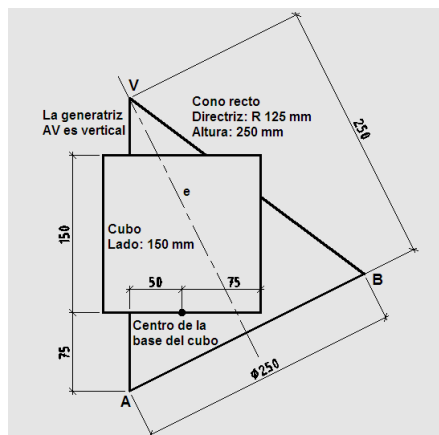


Figura 8. Variante del Ejercicio 2.

En este ejercicio se aumenta el diámetro del cono como variante. Las caras anterior y posterior del cubo seccionan al cono

en hipérbolas, además de arcos de elipses y parábolas con las otras caras. Ver modelado en Figura 9 y prototipos en Figura 10.

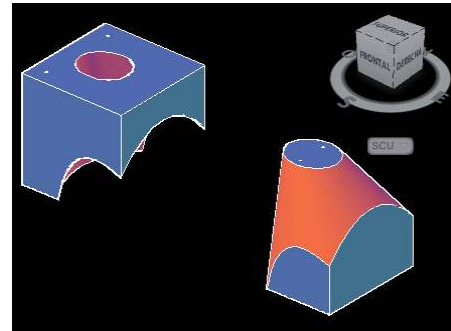


Figura 9. Cubo-Cono y sólido común. Ej. N° 3

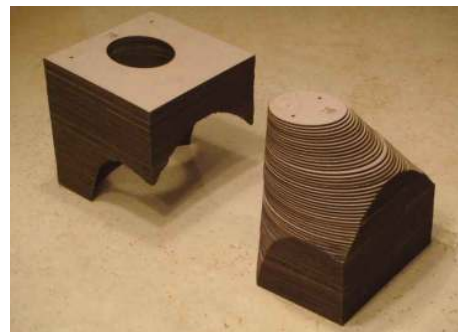


Figura 10. Maquetas cartón 2 mm. Ej. N° 3

**EJERCICIOS 4, 5 y 6.** Intersección de superficies curvas. En estos ejercicios se estudian tres intersecciones típicas entre cono y cilindro: vaciado total, vaciado total con tangencia y vaciado parcial o mordedura. En la Figura 11 están los datos. Los equipos estudian y reflexionan los tres casos, pero cada grupo hace el prototipo de uno de los casos. Ver imágenes modelado en Figura 12.

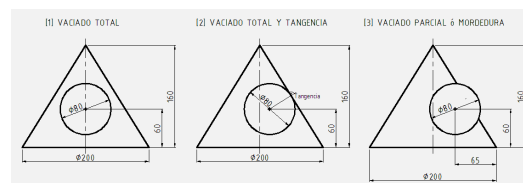


Figura 11. Intersección de superficies

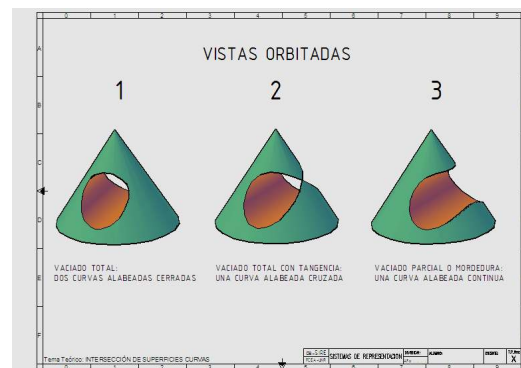


Figura 12. Intersección de superficies en 3D

### TÉCNICA DE PROTOTIPADO.

Similar a lo visto en [5]. Material utilizado: cartón de espesor máximo 2 mm. Técnica de construcción: secciones horizontales del sólido modelado en CAD. Si el cartón es de 2 mm, se hará una sección cada 2 mm. Luego se deben imprimir, recortar y pegar las secciones planas. Ver Figura 13.



Figura 13. Manufactura del cono Ejercicio 6

Esta técnica da como resultado un modelo de superficie escalonada. La resolución mejora cuanto menor es el espesor del cartón. Para dar suavidad a la superficie, se puede recurrir al enduido plástico. Así lo hizo uno de los equipos para el ejercicio 2, ver Figura 14.

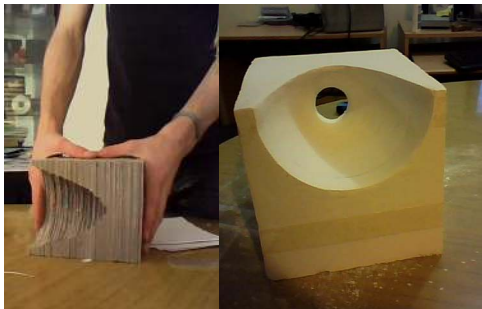


Figura 14. Cubo-cono con enduido. Ejercicio 2

Para los fines didácticos propuestos, no interesa tanto la perfección de la superficie, ya que para eso está la maqueta virtual en CAD. En todos los casos, la visualización del modelo es óptima para hacer la reflexión crítica, teniendo la maqueta igual o mayor valor expresivo que el croquis. El elemento de corte puede ser tijera o trincheta, o mejor corte por láser. En Figura 15 pueden verse los cortes de las secciones del ejercicio 3, 75 secciones en total, hechas en este caso por corte láser.



Figura 15. Secciones por corte láser. Ej. 3

### CONCLUSIONES

Logramos consolidar un dispositivo de aprendizaje análogo-digital donde se integran en una simbiosis los contenidos clásicos de la Geometría Descriptiva con la Geometría Digital.

Los estudiantes que presentaron sus trabajos coincidieron en afirmar que el aprendizaje se consolidó al hacer la maqueta y la reflexión crítica, confirmando que se aprende haciendo, pensando y reflexionando.

Continuaremos profundizando estas experiencias en los cursos siguientes.

### AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Matías G. Bortolato, y a la Arq. Ludmila M. Janda, por su colaboración.

A los estudiantes del 1º Cuatrimestre año 2010 de Sistemas de Representación de Ingeniería Civil. Se publicaron los trabajos de los siguientes equipos de estudiantes: Albano Ballini y Pablo Gordillo, Fabián Martella y Bernardo Federico, Georgina Pirani, Bruno Venesia y Mariano Giménez.

### REFERENCIAS

[1] 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.*

[2] MORELLI R.D., VERGER G.A., LENTI C.A., BORTOLATO M.G. (2008). El prototipado rápido en plástico ABS como herramienta didáctica. *EGRAFIA 2008: VI Congreso Nacional de Profesores de Expresión Gráfica en Ingeniería, Arquitectura y Áreas Afines*. Universidad Nacional de San Juan, Argentina.

[3] GROOVER, M. P. (2007). Fundamentos de manufactura moderna. Ed. McGraw Hill, México, ISBN 978-970-10-6240-1.

[4] MORELLI R.D. (2009). Prototipos Rápidos y Reflexión Crítica como herramientas para enseñar el diseño Cad 3D-2D. *GRAPHICA 2009: "XIX Simposio Nacional de Geometría Descritiva y Diseño Técnico y VIII International Conference on Graphics Engineering for Arts and Design". Bauru, SP, Brasil. Actas del Congreso (ISSN 2175-2036).*

[5] Modelo complejo formas sólidas en cartón. URL: <http://www.instructables.com/id/Model-complex-solid-shapes-with-cardboard/>