

# Implementación de tecnologías FMD y RA en la elaboración de modelos didácticos en cátedras de dibujo tecnológico en Ingeniería.

Silvana E. Gutiérrez<sup>1</sup>, Sandra N. Fernández<sup>1</sup> y Gerardo M. Arias<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional del Sur (UNS), Bahía Blanca, Argentina  
sgutie@criba.edu.ar, sfernand@uns.edu.ar, germigari@gmail.com

## Resumen

En este trabajo se presenta la elaboración de modelos didácticos y experiencias que se vienen realizando en los últimos años con las tecnologías de Modelado por Deposición Fundida y Realidad Aumentada en cátedras de dibujo tecnológico del Departamento de Ingeniería de la Universidad Nacional del Sur. En estas materias se introduce a los estudiantes en los conocimientos elementales para el dominio de habilidades y competencias propios del dibujo a través del estudio de los distintos sistemas de representación. La habilidad para poder representar objetos e ideas no es solo motriz, ya que el dibujo es un proceso interactivo entre la visión, la imaginación y la representación.

El empleo de modelos didácticos es de suma relevancia en este proceso ya que posibilita que los estudiantes puedan manipularlos, ya sea física o virtualmente, y puedan así comprender algunos conceptos que resultan abstractos para poder representarlos en forma gráfica.

Con el advenimiento de las tecnologías mencionadas se abre la eventualidad de aplicaciones originales en muy variados campos de la actividad humana. En particular en el ámbito del dibujo tecnológico su implementación ofrece una gran potencialidad con la posibilidad de que el docente pueda generar modelos didácticos personalizados y experiencias activas con los estudiantes.

**Palabras clave:** impresión tridimensional, modelos, realidad aumentada, dibujo, visualización.

## Introducción

Actualmente la tecnología de Modelado por Deposición Fundida (FMD, *Fused Deposited*

*Modeling*) se ha generalizado con la reducción de los costos de las impresoras y la simplicidad que ofrecen para poder materializar una idea, situación que está impactando en muy diversas disciplinas.

Entre otras, su aplicación en la medicina es cada vez mayor a través de la impresión de biomodelos [1], en la industria automotriz [2], en arquitectura e ingeniería para la impresión de maquetas y prototipos [3] y en la reconstrucción de réplicas de valor cultural [4].

En el área de la educación, la impresión 3D empleada como recurso didáctico está cobrando fuerza. El uso de objetos tangibles o maquetas como recursos didácticos siempre ha sido uno de los más frecuentes en educación. Sin embargo, en los últimos tiempos y al cobrar la tecnología una importancia supina en la educación, estas maquetas son ahora realizadas con herramientas digitales [5].

Existen multitud de experiencias educativas que han utilizado la impresión tridimensional (3D) como recurso didáctico, dados los múltiples beneficios que aporta para el aprendizaje de contenidos variados en las diferentes etapas educativas y disciplinas [6,7]. En el caso de las ingenierías y áreas de diseño, este material didáctico ofrece a los estudiantes la oportunidad de enfrentarse a problemas y situaciones reales con los que poder interactuar, analizar y buscar una respuesta adecuada. De este modo, se consigue fortalecer las habilidades mecánicas, espaciales y asociativas, así como un aprendizaje significativo, y se desarrolla la creatividad y el autoaprendizaje [5].

En el contexto de la educación universitaria, y en particular de la enseñanza del dibujo tecnológico, las nuevas tecnologías permiten disponer de modelos didácticos en cantidad y variedad suficientes para que los alumnos puedan manipularlos adecuadamente, y comprender algunos conceptos abstractos.

Con la tecnología de Modelado por Deposición Fundida (FMD) o impresión tridimensional (3D) las piezas se producen a base de superposición de capas sucesivas. Esta técnica recibe el nombre de fabricación aditiva, pues se lleva a cabo mediante la adición de materia: el objeto cobra forma a medida que las capas se solidifican [8].

En cuanto a la Realidad Aumentada (RA), es un recurso que posibilita la combinación de información digital y física en tiempo real por medio de diferentes dispositivos tecnológicos; es decir, consiste en utilizar un conjunto de recursos que añaden información virtual a la información física [9]. La RA ofrece variadas posibilidades para navegar en entornos educativos no tradicionales y de realizar interacciones sincrónicas con la realidad.

Esta tecnología, al igual que la FMD, ha tomado impulso e importancia en la educación permitiendo que los estudiantes se acerquen de forma sencilla, lúdica y formativa, a los contenidos curriculares [10].

A partir de la utilización de este nuevo recurso es posible lograr reducir el tiempo, el esfuerzo y el costo económico necesarios para desarrollar variados materiales educativos físicos para la enseñanza del dibujo [11].

Con la implementación de estas tecnologías se encuentra una solución para disponer de material didáctico, en cantidad y variedad, para ser empleado en las prácticas de dibujo tecnológico, con la ventaja de poder ser ajustado a una temática en particular, a un grupo específico de alumnos y a un determinado tiempo disponible de clases.

## **Desarrollo**

En el marco del proyecto PGI “Investigaciones sobre programas CAD y TIC. Implementación en la enseñanza de la expresión gráfica en la Ingeniería” del Departamento de Ingeniería de la UNS, un grupo de docentes-investigadores viene realizando a través de los últimos años la implementación de nuevas tecnologías que involucran, entre otras tareas, el diseño y elaboración de materiales didácticos que permitan una mejora en el proceso de enseñanza y aprendizaje. Estos materiales, tanto físicos como virtuales, se diseñan específicamente para tratar

determinadas temáticas, resolver algunas dificultades y apuntan a motivar y despertar el interés de los estudiantes.

Dentro de las temáticas de dibujo tecnológico para las cuales se diseñan y elaboran los modelos, algunos empleando solo la tecnología FMD y otros complementando con la RA, se encuentran: cortes quebrados, cortes parciales y conjuntos mecánicos. Actualmente están en elaboración nuevos modelos en referencia a la temática de acotaciones con la combinación de FMD y RA

Para obtener cada modelo didáctico se recurre a las siguientes etapas: selección y diseño, modelado con un programa de Diseño Asistido por Computadora (CAD), impresión tridimensional con tecnología FMD y creación del complemento en RA en el caso que corresponda.

A continuación, se describen cuáles son los distintos modelos desarrollados para cada temática, su finalidad, las tecnologías empleadas y las etapas que fueron necesarias para obtenerlos.

### **Modelos didácticos con cortes quebrados**

Estos modelos se elaboraron combinando las tecnologías de FMD y RA.

En la temática referida a cortes quebrados, los modelos didácticos se orientan a trabajar las dificultades presentadas generalmente por los estudiantes en la representación de objetos con orificios no alineados, ya que su configuración interna exige una cantidad de líneas que muchas veces dificultan la comprensión del dibujo. Para evitarlo y conseguir una representación más clara de la composición interior de la pieza se utilizan los llamados cortes quebrados. Se trata de la representación de un objeto atravesado imaginariamente por una sucesión de planos pasantes por los orificios [12].

Para salvar las dificultades comentadas, se considera conveniente que los estudiantes puedan contar no solo con el modelo entero, como suele ocurrir normalmente en las clases prácticas, sino que además dispongan de impresiones tridimensionales y de imágenes en RA de la pieza sometida a dos cortes quebrados. De esta manera, pueden manipular y observar en detalle el objeto atravesado realmente por los planos de corte y no solamente deben apelar a

su habilidad espacial e imaginación para poder resolver y representar el objeto.

Se recurre al diseño de una tapa de una caja de engranajes que posee varios orificios no alineados y que requiere de dos cortes quebrados para poder ser representada en un plano.

El primer paso es realizar el modelado sólido del objeto para lo cual se utiliza un *software* de CAD, en este caso *AutoCAD*, empleando el espacio de trabajo de modelado en 3D. En primer lugar, se conforma la pieza completa y luego se corta con una serie de planos pasantes por el centro de los orificios. De esta forma aflora al exterior la parte interna de la pieza y puede apreciarse todo el corte con sus detalles. Luego, a partir de las piezas modeladas se generan dos tipos de ficheros: archivos en formato DWG (*DraWinG*) que se emplearán para generar los modelos cortados virtuales destinados a la tecnología RA y archivos en formato STL (*Standard Triangle Language*) que sirven para concretar la impresión 3D.

Se emplea una impresora de tecnología de modelado por deposición fundida FMD que trabaja fundiendo un filamento plástico y por medio de una boquilla caliente lo va depositando en forma de hilo a través de sucesivas capas.

El tipo de filamento empleado para la impresión es ácido poliláctico (PLA), se trata de un material biodegradable derivado de materiales naturales. En la figura 1 se observa el inicio de la impresión de las primeras capas que conforman el modelo didáctico.



Figura 1. Inicio de la impresión.

En la figura 2 se observa el modelo didáctico entero totalmente impreso con filamento verde.



Figura 2. Pieza impresa con tecnología FMD.

El modelo se imprime también en forma cortada a través de dos cortes quebrados, para que los estudiantes puedan manipular las partes resultantes y observar su configuración interna. En la figura 3 se observan la pieza entera y las dos piezas cortadas.



Figura 3. Pieza entera y cortadas.

Por otra parte, para poder generar los modelos en RA se utilizan los archivos previamente realizados en el programa CAD. Con cada una de estas piezas cortadas se generan los archivos de exportación hacia la plataforma de realidad aumentada. Los archivos generados para cada pieza cortada son dos, un fichero de extensión OBJ obtenido a partir del modelo cortado y otro archivo MAT que posee la información de la textura del objeto.

Se emplea la plataforma de RA *Augment*, donde se cargan cada uno de los modelos por medio de un archivo de formato ZIP que contiene a los dos ficheros generados. Una vez cargado el archivo ZIP, se visualiza el modelo en pantalla y el *software* en forma automática le asigna un código QR (*Quick Response Barcode*) el que se utiliza para acceder al modelo en RA.

Los códigos son incorporados, en formato papel, sobre la superficie de los modelos impresos en 3D. Desde allí los estudiantes, con la aplicación *Augment* descargada en sus dispositivos móviles, pueden escanearlos y acceder a la visualización y a la interacción con las piezas cortadas en RA.

En el caso de este modelo didáctico, se le asignan dos códigos correspondientes a los dos cortes quebrados que permiten inspeccionar todo el detalle de su configuración interna.

En la figura 4 se observa la pieza con los dos códigos QR incorporados.



Figura 4. Pieza con códigos QR de acceso.

Luego de escanear un código, la cámara del teléfono móvil necesita reconocer una superficie plana para ubicar allí al modelo en RA. Una vez visualizada la pieza cortada es posible inspeccionarla, observarla desde diferentes puntos de vista y ver en detalle su configuración interna.

Los estudiantes utilizan sus propios medios tecnológicos para acceder al material didáctico accediendo al conocimiento a través de una tecnología que para ellos es de uso cotidiano. En la figura 5 se observa uno de los modelos cortados en la aplicación *Augment*.

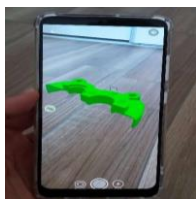


Figura 5. Modelo cortado en RA.

### Modelos didácticos con cortes parciales

Los modelos didácticos destinados a la temática de cortes parciales se elaboran con la tecnología FMD.

Estos modelos se orientan a trabajar las dificultades que en general suelen presentar los estudiantes al tener que dibujar algunos objetos que poseen orificios tales que son factibles de ser representados gráficamente mediante cortes de tipo parcial. Este tipo de corte se emplea cuando solo una parte de una vista necesita seccionarse para mostrar algunos detalles de la estructura interna [13].

Se seleccionan dibujos de piezas mecánicas disponibles en libros de la disciplina de la expresión gráfica para Ingeniería como base para el diseño de los modelos. Luego, por medio del modelado y la implementación de la tecnología de impresión tridimensional, se hace posible obtener los modelos físicos de dichas piezas para que los estudiantes puedan manipularlos y analizar su estructura interna.

La primera pieza posee un total de seis orificios, cinco de ellos pasantes y uno con cambio de diámetro. Este último posee una morfología tal que para ser representado en forma gráfica resulta conveniente el empleo de un corte

parcial. La pieza elegida es la parte principal de un soporte de herramientas [14]. La segunda pieza, posee dos orificios, uno de ellos es pasante y el otro es avellanado. Este último, también resulta óptimo representarlo empleando el recurso del corte parcial. La pieza es una base guía [13].

Ambas piezas se modelan mediante un programa CAD en forma entera y cortada, empleando principalmente herramientas de generación de sólidos por extrusión, sólidos predeterminados y ediciones de sólidos. Figuras 6 y 7.

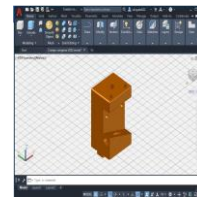


Figura 6. Modelo soporte entero.

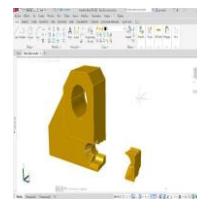


Figura 7. Modelo base guía con corte parcial.

En forma previa a la impresión tridimensional, los archivos obtenidos en el modelado se exportan al formato STL. Se considera la posición más conveniente para reducir la cantidad de soportes adicionales y que la superficie inferior sobre la cual se construya la impresión sea la que tenga una mejor terminación final.

Ambos modelos se imprimen en forma entera y también sometidos a corte parcial. En la figura 8 se observan los dos modelos impresos en forma entera y cortada.



Figura 8. Modelos didácticos con corte parcial.

### Modelos didácticos de conjuntos mecánicos

Durante las clases prácticas de croquizado de conjuntos mecánicos surge la necesidad de

contar con una disponibilidad y variedad de estos conjuntos. Estas prácticas implican un análisis de la forma, proporción y dimensiones de cada una de las piezas que componen un conjunto mecánico, debido a lo cual resulta necesario disponer de una cantidad suficiente de piezas para que los estudiantes puedan manipularlas, observarlas y dibujarlas correctamente. En virtud de ello, se decide emplear modelos didácticos realizados digitalmente con un programa CAD e impresos con la tecnología de FMD.

A partir de la bibliografía disponible, se selecciona un conjunto mecánico teniendo en cuenta que resulte adecuado al nivel de los estudiantes, a la temática tratada y a la disponibilidad horaria de clases.

Se elige como modelo didáctico una corredera cuyos planos y lista de materiales se encuentran disponibles en [14]. Se trata de un conjunto mecánico que es parte de una máquina-herramienta y que consta de 10 piezas no estandarizadas.

Para el modelado sólido de cada una de las piezas que forman el conjunto se emplea una versión de prueba del programa CAD *SolidWorks* [15]. En la figura 9 se observa el modelado del conjunto con las 10 piezas ensambladas.

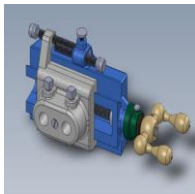


Figura 9. Modelado del conjunto mecánico.

De igual forma que en los modelos didácticos descriptos anteriormente, se exporta al formato STL para su impresión tridimensional. En este caso, un archivo por cada una de las 10 piezas que componen el conjunto.

En la figura 10 se observa una etapa de la impresión de una de las piezas del conjunto denominada manivela.



Figura 10. Impresión tridimensional.

Teniendo en cuenta la numerosa cantidad de estudiantes que en general participan de las clases prácticas se decide efectuar la impresión de tres conjuntos didácticos de idénticas características, los cuales pueden observarse en la figura 11.



Figura 11. Modelos didácticos impresos.

### Experiencias didácticas

Desde el año 2018, estos modelos didácticos se están empleando en distintas cátedras de dibujo tecnológico del Departamento de Ingeniería de la UNS con resultados que son evaluados a través de cuestionarios dirigidos a los estudiantes. Estos revelaron una opinión positiva y un buen nivel de motivación con respecto a su utilización. Los estudiantes encuestados estuvieron “muy de acuerdo” y “de acuerdo” en referencia a la ventaja de disponer de estos modelos para su manipulación y comprensión de conceptos abstractos. Un alto porcentaje de los estudiantes consideró que la calidad en la impresión y de las imágenes en RA de los modelos fue correcta para lograr una adecuada interpretación. La opción de continuar con el uso de modelos impresos en 3D y en RA en futuros trabajos fue reválida por los mismos con un porcentaje de conformidad muy alto [16,17,18].

### Conclusiones

La posibilidad de implementar estas nuevas tecnologías en la educación supone no solo un cambio en cuanto a la forma tradicional de enseñanza, sino que requiere que los docentes se actualicen permanentemente para poder explorar todas sus potencialidades.

Se abren nuevas posibilidades en muchas disciplinas, en particular en la enseñanza del dibujo tecnológico se genera la eventualidad de diseñar una gran variedad de modelos didácticos orientándolos a las temáticas específicas, a las necesidades de cada grupo de alumnos y a una carga horaria determinada.

Los materiales didácticos diseñados resultan ser de ayuda para una mejor comprensión de algunos contenidos y estimulan el interés particular de los estudiantes durante el desarrollo de las prácticas de dibujo tecnológico y en especial en las temáticas en las que suelen tener más dificultades.

Ante la falta de motivación, que en algunas ocasiones suelen tener los estudiantes al cursar estas disciplinas, se hace necesario que el docente pueda proponer nuevas estrategias para crear estímulos y experiencias activas que logren captar su interés.

Se fomenta en los estudiantes el desarrollo de nuevas habilidades empleando sus dispositivos móviles y accediendo al conocimiento con una tecnología de uso cotidiano. Esta metodología se alinea con la tendencia BYOD, *Bring your own device* (trae tu propio dispositivo), surgida en el ambiente empresarial e incorporada también en el ámbito educativo.

Actualmente los autores se encuentran desarrollando nuevos modelos didácticos combinando las tecnologías FMD y RA. Están orientados a la temática de acotaciones y destinados a que los estudiantes adquieran habilidad para visualizar objetos, descomponerlos en cuerpos más elementales, dibujarlos y acotarlos.

## Agradecimientos

Los autores desean agradecer a la Secretaría General de Ciencia y Tecnología de la UNS por la financiación del Proyecto de Grupo de Investigación “Investigaciones sobre programas CAD y TIC. Implementación en la enseñanza de la Expresión Gráfica en la Ingeniería”, en el marco del cual se realizó este trabajo.

## Referencias

[1] César-Juárez, Á. A., Olivos-Meza, A. Landa-Solís, C., Cárdenas-Soria, V. H., Silva-Bermúdez, P. S., Suárez Ahedo, C., Olivos Díaz, B., & Ibarra-Ponce de León, J. C.. (2018). Uso y aplicación de la tecnología de impresión y bioimpresión 3D en medicina. *Revista de la Facultad de Medicina (México)*, 61(6), 43-51. <https://doi.org/10.22201.fm.24484865e.2018.61.6.07>

[2] Tuazon, B. J., Custodio, N. A. V., Basuel, R. B., Delos Reyes, L. A., & Dizon, J. R. C. (2022). 3D Printing Technology and Materials for Automotive Application: A Mini-Review. In *Key Engineering Materials* (Vol. 913, pp. 3–16). Trans Tech Publications, Ltd. <https://doi.org/10.4028/p-26o076>

[3] Dominguez, I.A., Romero, L., Espinosa, M.M., Dominguez, M. (2013). Impresión 3D de maquetas y prototipos en arquitectura y construcción, *Revista de la construcción*, Vol. 12, N°.2. Versión On-line. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-915X2013000200004>

[4] Santos Gómez, S. (2017). El empleo de las tecnologías 3D en la conservación del patrimonio y su aplicación en la realización de reproducciones de bienes culturales. Universidad Complutense de Madrid. *Revista Observar – N° 11\_1/2017*.

[5] De la Cruz-Campos, J. C., Campos-Soto, M. N., Rodríguez-Jiménez, C. y Ramos Navas-Parajo, M. (2022). Impresión 3D en educación. Perspectiva teórica y experiencias en el aula. *Revista Centra de Ciencias Sociales*, 1(1), 67-80.

<https://doi.org/10.54790/rccs.16>

[6] Moreno, N. M., Leiva, J. y López, E. (2016). Robótica, modelado 3D y realidad aumentada en educación para el desarrollo de las inteligencias múltiples. *Aula de encuentro*, 18(2), 158-183.

<https://150.214.170.182/index.php/ADE/article/download/3191/2625>

[7] Popescu, D., Popa, D. M. y Cotet, B. G. (2019). Preparando a los estudiantes para la Generación Z: consideraciones sobre el currículo de impresión 3D. *Propósitos y representaciones*, 7(2), 240-254.

<https://doi.org/10.20511/pyr2019.v7n2.280>

[8] Berchon, M.; Luyt B. (2016). La impresión 3D: guía definitiva para makers, diseñadores, estudiantes, profesionales, artistas y manitas en general. Gustavo Gili. Barcelona.

[9] Cabero, J.; Barroso, J. (2016). Posibilidades educativas de la realidad aumentada. *NAER. New Approaches in Educational Research*, 5 (1), 46-52.

[10] Cabero-Almenara, J., Vázquez-Cano, E., & López-Meneses, E. (2018). Uso de la Realidad Aumentada como Recurso Didáctico en la

Enseñanza Universitaria. Formación universitaria, 11(1), 25-34.

<https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062018000100025>

[11] Horii, H y Miyajima, Y. (2013). Augmented reality-based support system for teaching hand-draw mechanical drawing. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 103, 174-180.

[12] Vishnepolski I.S. (1987). *Dibujo técnico*. Mir Moscú. URSS.

[13] Spencer H., Dygdon J., Novak J. (2003). *Dibujo Técnico*. Alfaomega, México.

[14] Giesecke, F., Hill, I., Spencer, H., Mitchell, A., Dygdon, J, Novak, J., Lockhart, S., Goodman, M. (2013). *Dibujo técnico con gráficas en Ingeniería*. Person, México.

[15] Gómez Gonzalez, S. (2008). *El gran libro de SolidWorks*. Marcombo, Ediciones Técnicas. Barcelona, España.

[16] Gutiérrez, S.E., Fernández, S.N., Arias, G.M., Ninago, M.D. (2019). Experiencia didáctica empleando conjuntos mecánicos modelados e impresos en 3D. XVI Congreso Nacional de Profesores de Expresión Gráfica en Ingeniería, Arquitectura y Carreras Afines, 1, 176-180.

[17] Gutiérrez, S.E., Fernández, S.N., Arias, G. M., Inchauste, M. C., Ercolani, G.D. (2020). Impresión tridimensional y Realidad Aumentada. Creación de modelos didácticos para la expresión gráfica. Congreso Internacional de Aplicación de Tecnologías de la Información y Comunicaciones Avanzadas y Accesibilidad, ATICA 2020, pp. 447-454. Veracruz, México. ISBN: 978-84-18254-84-0.

[18] Arias, G.M., Fernández, S.N., Salaberría, F., Dailoff, V.S., Gutiérrez, S.E. (2023). Representación gráfica de piezas mecánicas. Cortes parciales. VIII Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica.