

NUEVAS ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS EN LAS ENSEÑANZAS GRÁFICAS EMPLEANDO HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS TRIDIMENSIONALES

María Gloria del Río Cidoncha
Carlos Cobos Gutierrez
Juan Martínez Palacios
Departamento de Ingeniería Gráfica
Escuela Superior de Ingenieros,
Universidad de Sevilla

Resumen

El presente trabajo tiene por objeto plantear una metodología diferente a la tradicionalmente empleada en el área de Expresión Gráfica en la Ingeniería, basada en el uso de modelos virtuales generados a partir de paquetes informáticos gráficos. Dicha metodología se presenta como complementaria en líneas generales a la tradicional. También se analizarán aquellos conocimientos específicos del área en los que la metodología que se propone puede tener el carácter de sustitutoria de la comúnmente empleada. Finalmente se estudian los condicionantes que deben concurrir para que esta nueva metodología tenga un carácter alternativo a la empleada hasta ahora.

Palabras clave: Expresión Gráfica, Metodología, CAD.

Abstract

This work aims to suggest a different methodology from the traditional one used in the area of Graphical Expression in Engineering, based on the use of virtual models generated from graphical computer packages. In broad terms, this methodology complements the traditional one. Those specific knowledges of the area in which the new methodology can replace the traditional one will be studied as well. Finally, it will be studied the conditions that should take place in order to use this new methodology instead of the one used up to now.

Key words: Graphical Expression, Methodology, CAD.

1. INTRODUCCIÓN

Los primeros dibujos asistidos por ordenador nacieron en 1.950 cuando se asocia un tubo de rayos catódicos al ordenador Whirlwind I del MIT. El nacimiento de la representación interactiva moderna puede situarse en 1.962 con

la tesis doctoral "Sketchpad: A Man - Machine Graphical Communication System" de Ivan Sutherland, leída en el MIT.

Los sectores industriales del automóvil y de la industria aeronáutica fueron conscientes de las posibilidades tanto del diseño asistido por ordenador (CAD) como y muy

especialmente de la fabricación asistida por ordenador (CAM), debiendo destacarse en este periodo el sistema DAC (General Motors) o el Digitek de Itek (diseño de lentes), como programas pioneros en este campo.

La representación gráfica por ordenador avanza muy lentamente hasta la década de los ochenta en que Apple, Macintosh o IBM desarrollan los mapas de bits para la intercomunicación hombre maquina. El uso del ratón permite el control del ordenador solo señalando y oprimiendo iconos en pantalla. Las técnicas de CAD/CAM/CAE se desarrollan de forma rápida y la sustitución de las estaciones de trabajo por ordenadores personales los pone al alcance de cualquier usuario.

Por ello, desde el curso académico 2001/2002 los planes de estudio de las distintas titulaciones que se imparten en la Escuela Superior de Ingenieros de Sevilla (España) contemplan asignaturas de Representación Gráfica por Ordenador: en tercer curso de Ingeniería Industrial, en cuarto de Ingeniería Química y quinto de Ingeniería de Telecomunicación e Ingeniería Aeronáutica.

La experiencia desarrollada a lo largo de estos años en el campo del CAGD (Computer Aided Geometric Design) nos hizo ver las posibilidades docentes de las herramientas informáticas en el área de la Expresión Gráfica en la Ingeniería.

Dichas experiencias se plasmaron en el curso “Una nueva metodología en las enseñanzas del área de Expresión Gráfica” impartido bajo el patrocinio del Instituto de Ciencias de la Educación de la Universidad de Sevilla.

Esta publicación basada fundamentalmente en los contenidos de dicho curso pretende divulgar entre la comunidad universitaria, las enormes posibilidades pedagógicas de las herramientas informáticas en la enseñanza de materias gráficas.

2. DOCENCIA ACTUAL DEL ÁREA DE EXPRESIÓN GRÁFICA EN LA INGENIERÍA EN LA ESCUELA SUPERIOR DE INGENIEROS DE SEVILLA

Se presenta dicha docencia organizada por titulaciones y asignaturas.

2.1. TITULACIONES DE INGENIERO INDUSTRIAL, INGENIERO QUÍMICO E INGENIERO AERONÁUTICO

Una asignatura denominada Expresión Gráfica con 7,5 créditos lectivos, (75 horas), de carácter troncal e impartida en primer curso. Sus contenidos teóricos abarcan los tres aspectos esenciales (Cobos y otros, 2001) para la confección e interpretación de los planos de un proyecto de ingeniería:

- Cognición y organización geométrica del espacio euclideo (Geometría del espacio y teoría de superficies).
- Representación bidimensional del mismo (Sistemas de Representación).
- Normalización de la representación (Dibujo industrial).

Se ha hecho un importante esfuerzo de depuración conceptual, prescindiendo de la práctica totalidad de los procedimientos operativos tradicionales al entender que el software tridimensional los suple mejorando la precisión de los resultados y la rapidez de su obtención (Hood y otros, 1978). En su vertiente práctica se han sustituido los útiles tradicionales de dibujo por la mano alzada y un software de dibujo plano en el ordenador. Ello conlleva:

- Trazados mas precisos, de mejor calidad y mas fácilmente reutilizables.
- Conocimiento por parte del alumno de herramientas informáticas de dibujo

plano. Estas son muy atractivas para los alumnos, circunstancia esta muy importante, ya que a nuestro juicio la motivación del alumnado es la pieza clave en la docencia.

Una segunda asignatura denominada Representación Gráfica por Ordenador con 4,5 créditos lectivos (45 horas), de carácter optativo, impartida en tercer curso (Titulación de Ingeniero Industrial), en cuarto curso (Titulación de Ingeniero Químico) y en quinto curso (Titulación de Ingeniero Aeronáutico).

Un error tradicional en la docencia del Diseño asistido por ordenador (CAD) ha sido confundir “saber CAD” con “saber manejar un paquete de CAD”. Hoy en día el CAD es una ciencia multidisciplinar con un cuerpo de doctrina muy desarrollado y estructurado (Rogers, 1985), (Rogers y Adams, 1990).

Se precisa pues elegir, dentro de las distintas disciplinas que se integran en el CAD, aquellas que el alumno debe conocer en función de su futuro profesional.

En el campo de las ingenierías nos hemos decantado por el perfil de “usuario cualificado” de productos informáticos dejando de lado aquellas disciplinas que dan lugar al perfil de “diseñadores de software” campo en el que solo se hacen brevísimas incursiones dedicadas a aquellos alumnos que quieren profundizar en él y con carácter general a un somero conocimiento de cómo trabaja internamente la herramienta. En resumen, en el aspecto teórico se analizan:

- Generación de sólidos de uso industrial, en menor medida de superficies tridimensionales (Fundamentos y métodos de modelado y Teoría de líneas y superficies) (Villoria, 1992).
- Obtención de representaciones planas a partir de los modelos anteriormente obtenidos.

(Representaciones planas asistidas por ordenador) (Anand, 1993).

- Breve estudio de los fundamentos de las herramientas (Introducción a la geometría computacional y algunos epígrafes incluidos en otros temas) (Foley y otros, 1996), (Hearn y Baker, 1995).

En el campo práctico se pone especial énfasis en que las prácticas no solo acompañen a los aspectos teóricos sino que se correspondan con objetos reales de la industria realizándose íntegramente con un programa informático tridimensional, en concreto Solid Edge v17.

Por último la asignatura denominada Diseño Mecánico de libre configuración y 60 horas de duración, se imparte en quinto curso. Puede considerarse, por tanto, como asignatura de carácter eminentemente práctico. Planteada como estudio de herramientas tridimensionales profesionales de amplio espectro. El software empleado es CATIAv5.

2.2. TITULACIÓN DE INGENIERO DE TELECOMUNICACIÓN

Se imparte solamente la asignatura optativa Representación Gráfica por Ordenador en quinto curso. Sus contenidos son una fusión de los indicados para las asignaturas Expresión Gráfica y Representación Gráfica por Ordenador de las otras titulaciones debidamente ajustados a las 45 horas lectivas asignadas a esta asignatura.

En las titulaciones de I. Industrial, I. Químico e I. Aeronáutico, el escalonamiento de las asignaturas conduce a buenos resultados globales, aunque se presentan importantes lagunas en la formación del alumnado de primer curso. Estos defectos se podrían corregir con un aumento en la carga docente del área.

3. DICOTOMÍA ENTRE LOS MÉTODOS TRADICIONALES Y EL EMPLEO DE SOFTWARE GRÁFICO

Viene siendo frecuente plantear ambos métodos como excluyentes entre sí. Aunque realmente no lo son, si es cierto que existen límites al empleo indiscriminado del CAD en la docencia del área. Estos límites pueden dividirse en objetivos y subjetivos.

3.1. LÍMITES OBJETIVOS

El principio axiomático “ningún programa de CAD es capaz de realizar aquello que la persona que lo maneja desconoce”, se justifica a continuación con un par de ejemplos.

Así, en la figura 1 se presenta un adaptador entre dos bocas paralelas, una circular y otra cuadrada.

Como puede verse, el resultado proporcionado por el programa “en modo automático” difiere mucho de la superficie reglada desarrollable que industrialmente se necesita para fabricar un adaptador.

Sin embargo, el mismo programa ofrece también “en modo no automático” el resultado, absolutamente correcto, que se muestra en la figura 2.

El problema no radica, por tanto, en el software, sino en la persona que lo maneja. En la figura 2 se ha indicado al programa que esta superficie de transición esta formada por cuatro elementos triangulares planos y cuatro trozos de superficie cónica. El método de modelado elegido por el software (automáticamente) en la figura 1 no era el adecuado, mientras que en el segundo caso, el árbol de modelado definido por el usuario, si lo era.

Se presenta la figura 3 como otro ejemplo a analizar. Aquí, la acotación también se ha realizado en “modo automático” con un paquete de CAD. Dicha acotación es completa ya que no falta ninguna cota, sin embargo, desde el punto de vista de la legibilidad del plano es manifiestamente mejorable. La figura 4 muestra una nueva versión de esta misma acotación pero ya no en “modo automático”, pues el usuario ha definido algunas cotas, y la legibilidad del plano ha mejorado sensiblemente.

Por tanto, se puede concluir que:

- Ningún programa es capaz de hacer aquello que la persona que lo maneja desconoce.
- Buena parte de los conocimientos tradicionales han de conservarse.

Es importante poner especial énfasis en estos extremos ya que la potencia de las nuevas herramientas y su grado de automatización es tal que si el usuario carece de la formación necesaria puede obtener resultados erróneos (como ocurre en el ejemplo de la figura 1) o confusos (ejemplo de la figura 3).

3.2. LÍMITES SUBJETIVOS

La expresión gráfica no puede desarrollarse dependiendo de un programa y por ende de una máquina. El dibujo a mano alzada, el croquis es esencial en el área.

Un técnico necesita sentido de la proporción y una mínima calidad de trazado para poder croquizar. Esta destreza, es en gran medida, fruto de la práctica aunque no cabe la menor duda de que existen personas especialmente dotadas por naturaleza.

Y llegado a este punto, tras analizar los límites establecidos al empleo del CAD en el área es obligado también indicar que:

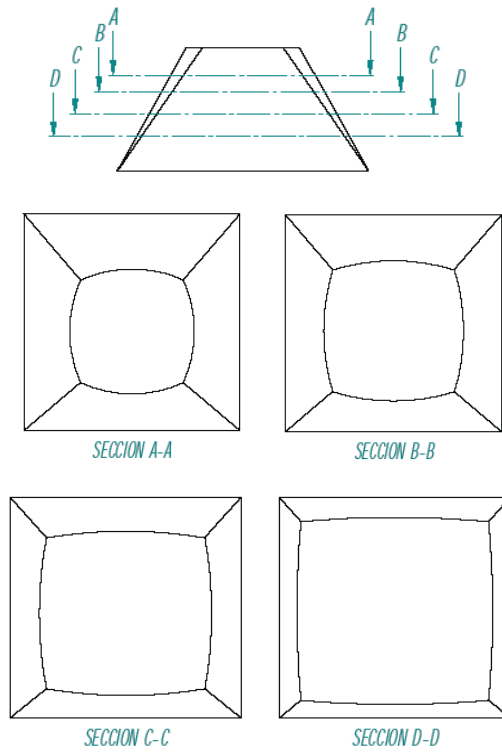


Figura 1: Resultado proporcionado por el programa en modo automático de un adaptador entre dos bocas paralelas, una circular y otra cuadrada

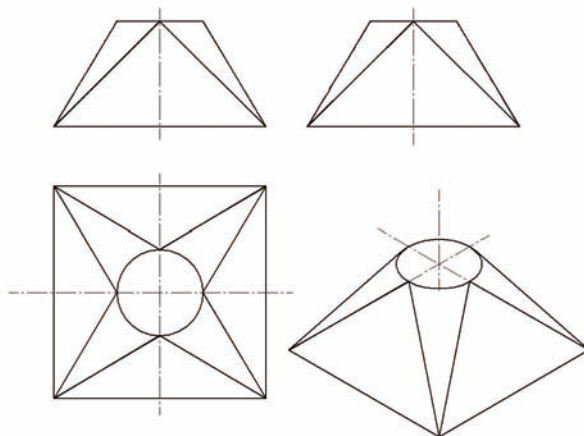


Figura 2: Resultado proporcionado por el programa en modo no automático

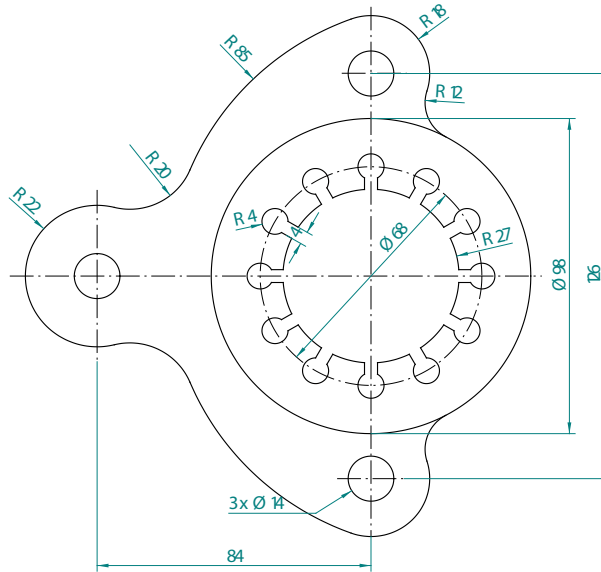


Figura 3: Acotación realizada en modo automático con un paquete de CAD.

- El proceso de modelado sólido implica construir paso a paso la recreación virtual de la pieza en estudio y el análisis de las vistas resultantes. Este proceso de paso continuo de 2D a 3D y viceversa es sin duda un catalizador para la imaginación y comprensión de espacio.
 - La situación actual y la tendencia futura de determinados sectores industriales hacen impensable un ingeniero sin conocimientos de nivel en el campo del CAD/CAM/CAE (Newman y Sproull, 1979)
- por Ordenador (CAD) sigue a la Expresión Gráfica tradicional.
- Dicha organización con las modificaciones metodológicas que se introdujeron tanto en el tratamiento del CAD como de la Expresión Gráfica han dado unos resultados altamente satisfactorios.

4. SECUENCIACIÓN DE UNA PROPUESTA METODOLÓGICA

La organización de las asignaturas, a las que se ha hecho referencia obliga a una secuencia en la que la Representación Gráfica

- En la Expresión Gráfica el uso de programas informáticos permite al alumno abordar directamente representaciones tridimensionales (cualquier modelo virtual se inicia con una representación plana). Asimismo la herramienta informática, de innegable atractivo para los alumnos, incidió positivamente en la actitud del alumnado hacia esta asignatura
- El tratamiento dado a la asignatura de Representación Gráfica por Ordenador fue variando desde un enfoque inicial "clásico" (Bermejo, 1996), (Félez y Martínez, 1996), (Izquierdo, 1996) hasta la

ordenación actual que presenta una estructura en buena medida revolucionaria. En efecto:

- * El modelado sólido virtual se coloca en primer lugar. Se pretende con ello imbricar los métodos tradicionales estudiados en primer curso en el CAD.

La base de las herramientas de modelado, fundamentalmente las técnicas de sweeping, eran conocidas por los alumnos aunque analizadas desde el punto de vista gráfico y no desde la óptica numérico-computacional (Salmon y Slater, 1987).

La idea subyacente es que al conocimiento del espacio tridimensional puede llegarse por métodos gráficos o computacionales. Es decir, difieren los métodos no los conceptos.

- * Se introducen las proyecciones ortográficas y pictóricas. Se pretende con ello mostrar la identidad conceptual existente entre estas proyecciones con las tradicionalmente empleadas en los Sistemas de Representación.
 - * Se presenta el análisis de líneas y superficies, con una ordenación sui generis, ya que ambos capítulos se exponen entremezclando sus contenidos para así poder aprovechar los conocimientos que en materia de superficies poseen los alumnos. Obviamente quedan fuera de esta ordenación las superficies definidas de forma discreta al ser un concepto en buena medida nuevo para el alumnado.
- La asignatura termina, como ya se ha dicho, con un somero análisis de la Geometría Computacional, incluido básicamente para mostrar el paralelismo de métodos tradicionales y computaciona-

les, preparando así el terreno de cara a posteriores estudios.

Con esta metodología se ha conseguido:

1. Cuando se analizan las técnicas de recreación virtual se refuerza y se asienta el modelo mental del espacio, formado en primero de carrera.
2. Las técnicas de modelado sólido y de superficies se asimilan mejor al tener los alumnos un bagaje previo de conocimientos en Geometría Descriptiva y Teoría de Superficies.
3. No se pierde tiempo en familiarizar a los alumnos con el dibujo de perfiles o bocetos (dibujos bidimensionales necesarios para iniciar la construcción de un modelo) ya que se adquirió en primer curso.
4. El paralelismo entre vistas diédricas y ortográficas facilita la comprensión de estas últimas así como permite repasar las primeras. Otro tanto ocurre con las vistas principales y auxiliares.

Un punto esencial, en todo este planteamiento, es el programa informático a emplear. El software usado es simplemente una herramienta para desarrollar el CAD, pero eso, solo una herramienta. Dicha herramienta debe ser intuitiva, de fácil aprendizaje (incorporando dibujo inteligente), ergonómica, en definitiva que tenga una *relación grado de aprendizaje/tiempo invertido* muy elevada como ocurre en Solid Edge versión 17.

5. CONSIDERACIONES FINALES

Por todo lo expuesto se puede concluir que:

1. Las técnicas de modelado sólido virtual potencian la visión del espacio en el alum-

nado. Asimismo, despiertan un gran interés y un fuerte entusiasmo, por lo que es necesaria su incorporación a la docencia.

2. No debe confundirse la disciplina CAD con la herramienta CAD. Los principios fundamentales del CAD necesariamente han de formar parte del cuerpo doctrinal del área, incluyendo sus aspectos conceptuales. Los aspectos procedurales han de ser expuestos de cara a una posible y deseable profundización por aquellos alumnos que quieran continuar trabajando en este campo.
3. En base a lo anteriormente indicado se consiguen buenos resultados orientando los programas de las asignaturas en la línea descrita en el epígrafe 4.
4. Los programas informáticos a emplear deben escalonarse dejando para asignaturas de libre configuración o cursos de especialización aquellos considerados como “profesionales” ya que no se suele disponer de horas suficientes para abordar la disciplina CAD y las herramientas CAD.
5. Existen valores procedurales en la metodología tradicional que no pueden perderse. En concreto la mano alzada y la croquización deben formar parte de los contenidos prácticos del área. Metodológicamente deben preceder a la docencia del CAD.
6. La sustitución de las herramienta tradicionales de dibujo por los programas de dibujo asistido por ordenador bidimensionales debe asimismo anteponerse al CAD 3D.
7. Líneas de desarrollo futuro

En el presente trabajo cabe preguntarse si sería posible fusionar los métodos tradicionales y el CAD en una sola disciplina.

La idea parece atractiva, pero no se dispone de datos acerca de sus posibles resultados. Sería necesario realizar una experiencia piloto. Esta permitiría evaluar las posibilidades de su empleo.

En cuanto al Sistema Diédrico, dentro de la metodología tradicional existen elementos operativos que los programas realizan de forma automática: cambios de plano, (generación de vistas auxiliares), giros, intersección de sólidos o superficies. Podría pues plantearse en estos temas una metodología única que abarcarse un planteamiento conceptual (definiciones) de corte tradicional en pizarra y una realización práctica empleando paquetes de CAD tridimensionales.

Otro tanto puede decirse, aunque con mayor reserva, de la obtención de las vistas principales. En efecto, están en la raíz misma de la comprensión del espacio y el alumno tiene dificultades tanto para su concepción como para el análisis de la correspondencia entre vistas.

Algo similar ocurre con referencia a cortes y secciones. La rapidez con que el ordenador los ejecuta hace que el alumno, de manera inconsciente, considere estas vistas como de “fácil obtención e interpretación” no dedicándoles la atención necesaria. El ordenador aquí juega un papel poco formativo, su empleo habría de posponerse en la medida necesaria.

También merece un estudio detallado el impacto del CAD en la acotación ya que la facilidad con que el ordenador acota induce a los alumnos a una clara tendencia a la sobreacotación.

Resumiendo, la unión de los métodos tradicionales y el CAD necesitaría un plan piloto previo por las dificultades reseñadas. Es por tanto una línea a explorar pero siempre

teniendo presente que la metodología secuenciada que se ha descrito en este trabajo está dando resultados muy positivos.

6. REFERENCIAS

- ANAND, B. (1993). *Computer Graphics and Geometric Modelling for Engineers*, New York, Editor John Wiley and Sons.
- BERMEJO, M. (1996). *Geometría Descriptiva aplicada*, Madrid, Editor Tebar Flores.
- COBOS, C., RODRIGUEZ, A. y MARTIN, J. (2001). *Geometría para Ingenieros*, Madrid, Editor Tebar Flores.
- FELEZ, J., y MARTINEZ, M. L. (1996). *Dibujo Industrial*, Madrid, Editor Síntesis
- FOLEY J. D., VAN DAM, A. y otros, (1996). *Introducción a la Graficación por Ordenador*, Buenos Aires, Editor Addison-Wesley Iberoamericana.
- HEARN, D. y BAKER, M. (1995). *Gráficas por computadora*, Buenos Aires, Editor Prentice-Hall Hispanoamericana.
- HOOD, G. J., PALMER, A. y BAER, C. (1978). *Geometry of Engineering Drawing*, Malabar, Robert E. Krieger Publishing Company.
- IZQUIERDO, F. (1996). *Geometría Descriptiva Superior y Aplicada*, Madrid, Editor Dossat.
- NEWMAN, W. y SPROULL, R. (1979). *Principles of interactive Computer Graphics*, New York, Editor Mc Graw Hill.
- ROGERS, D. (1985). *Procedural elements for Computer Graphics*, New York, Editor Mc Graw Hill.
- ROGERS, D. y ADAMS, A. (1990). *Mathematical elements for Computer Graphics*, New York, Editor Mc Graw Hill.
- SALMON, R. y SLATER, M. (1987). *Computer Graphics. Systems & Concepts*, Buenos Aires, Editor Addison-Wesley Iberoamericana.
- VILLORIA, V. (1992). *Representación de Curvas y Superficies: Geometría Descriptiva*, Madrid, Editor Fondo Editorial de Ingeniería Naval.