

ESTUDIO COMPARATIVO DE APLICACIONES CAD DE MODELADO

Nuria Aleixos Borrás (1); Ana Piquer Vicent (1); Vanesa Galmes Gual (1);
Pedro Company Calleja (1)

⁽¹⁾Universitat Jaume I, España
Departamento de Tecnología
Área de Expresión Gráfica en la Ingeniería
Correo electrónico: naleixos@tec.uji.es

RESUMEN

Actualmente, existen muchas aplicaciones de modelado especializadas en diferentes ámbitos de la ingeniería, como el diseño y fabricación de productos industriales, la ingeniería civil, la arquitectura, etc. Todas ellas aportan muchas ventajas frente a las aplicaciones de delineación 2D, aunque éstas últimas están más ampliamente implantadas hasta el momento.

Este trabajo comienza justificando las ventajas del modelado 3D frente a la delineación 2D, antes de resaltar aquellos aspectos que consideramos clave en la tarea de modelado por ordenador, y que, en consecuencia, proponemos como criterios para comparar entre sí las aplicaciones 3D; tanto las más sofisticadas, como las más simples, que están al alcance de pequeñas y medianas empresas

Palabras clave Modelado, GUI, Bocetado, Esqueleto del Producto.

ABSTRACT

At the present, there are a wide number of modelling applications specialised in different engineering fields, as design and manufacturing of industrial products, civil engineering, architecture, etc. All them give many advantages in comparison to 2D drawing applications, though the latter are more extensively implanted at the moment.

This work begins establishing the advantages of 3D modelling against 2D drawing, prior to highlight those aspects we consider to be the key for the computer modelling task, and that, as a consequence, we propose as criteria to compare the 3D applications among them; as much the more sophisticated as the simplest, that are in the scope of medium and small enterprises.

Key words: Modeling, GUI, Sketching, Product skeleton.

1 Introducción

Mientras que las aplicaciones bidimensionales, o “2D”, sólo manipulan elementos geométricos planos, las aplicaciones tridimensionales, o “3D”, también pueden manipular elementos tridimensionales. Es decir, manipulan tres coordenadas frente a las dos coordenadas bidimensionales. En consecuencia, una aplicación 3D podrá manejar, al menos, los mismos elementos planos que una aplicación 2D, pero con la ventaja de

poder situarlos en un espacio tridimensional. De esta forma diferentes elementos planos pueden estar contenidos en planos distintos. Además, en las aplicaciones 3D de mayores prestaciones, también se pueden manipular directamente formas geométricas tridimensionales (como prismas, cilindros, esferas, etc.) sin necesidad de descomponerlas en elementos planos que formen una figura que sea equivalente, bajo ciertas condiciones, al modelo; tal como se hace en geometría descriptiva.

Debe notarse que, manipular elementos geométricos tridimensionales, no sólo implica tener capacidad para almacenar la información necesaria para describir la forma y posición de dichos elementos en un espacio tridimensional. También implica disponer de un gestor de visualización que permita generar de forma automática todas las proyecciones que el usuario pueda requerir (resolviendo todos los problemas de ocultación, iluminación, etc.), de forma que el conjunto de formas geométricas se comporte como una *escena tridimensional* que se ve a través de la pantalla plana del ordenador.

Por tanto, con las aplicaciones 3D se puede trabajar directamente con el modelo geométrico tridimensional. El usuario manipula una escena de formas tridimensionales, y no tiene que realizar el proceso de proyección para visualizar la escena. Mientras, con aplicaciones 2D es el usuario quien debe generar todo tipo de imágenes planas aplicando el proceso de “modelado+proyección”. En otras palabras, mientras que con aplicaciones 2D se puede hacer *delineación asistida*, en aplicaciones 3D se pueden construir *modelos geométricos virtuales*.

Además, desde el punto de vista de la integración de todas las fases del proceso de diseño y fabricación, es decir, desde el enfoque de la *Ingeniería Concurrente*, resulta obvio que el uso de modelos aporta grandes beneficios [1][2]. Por ejemplo, el uso de los prototipos virtuales (DMU, *Digital Mock Up*) creados a partir de estas aplicaciones, permite el posterior análisis con otras aplicaciones CAE, simulando ciertos comportamientos que son imposibles de prever sin la creación de prototipos físicos o virtuales [3]. Por tanto, sustituyendo la delineación por el modelado se reduce el tiempo de lanzamiento al mercado (*time-to-market*), con el consiguiente ahorro de los costes y aumento de la competitividad que esto supone [4].

Pero no siempre está claro si la inversión que se realiza al adquirir una aplicación CAD de modelado es rentable. Tampoco es trivial seleccionar la aplicación más adecuada.

Para elegir bien, se deben analizar aspectos clave que nos puedan ayudar a decidir según determinadas necesidades. En este trabajo vamos a justificar los aspectos críticos que nos parecen más interesantes para evaluar este tipo de aplicaciones. Los aspectos considerados son, fundamentalmente, los siguientes:

- Compatibilidad
- Amigabilidad de la interacción (GUI), acceso a la información
- Visualización
- Dominio de los modelos
- Entorno de esbozo (intención de diseño)
- Asociatividad 2D \leftrightarrow 3D
- Funciones definidas por el usuario (FDU)
- Gestión de datos del producto (PDM)
- Esqueleto del producto (Diseño conceptual)

2 Aspectos críticos en la selección de una aplicación CAD de modelado

La *compatibilidad* es un aspecto crítico porque, no existen traductores específicos de una aplicación a otra, por cuestiones de competencia y mercado. Tampoco existe todavía un traductor con formato neutro estándar perfectamente establecido que asegure el intercambio íntegro de los datos, aunque cada vez se realizan más esfuerzos en este sentido.

Desde algunas aplicaciones CAD la información relativa a elementos característicos (*features*) e información paramétrica del modelo se conserva hasta cierto punto. Existen actualmente algunos estándares de intercambio entre aplicaciones CAD, entre los cuales destacan el IGES y STEP (ISO 10303) entre los más conocidos, siendo éste último el más avanzado, aunque no se ha adoptado hasta el momento debido a que solo se implementan determinados subconjuntos del protocolo establecido (lo que se conoce como *flavours* o variantes). El estándar ISO 10303, como principal formato neutro de intercambio en la industria, asegura soluciones a medio plazo [5][6], proporcionando un correcto intercambio de información entre modelos paramétricos previsto para finales de 2003. Actualmente, este estándar proporciona intercambio “estático” de la información del producto, perdiéndose toda la información paramétrica, de restricciones y relativa a *features* del modelo.

Con respecto a la *amigabilidad* de la interacción con el usuario (GUI), no todos los sistemas presentan las mismas facilidades a la hora de manejar dicho modelo en pantalla. Mientras Pro/Engineer [7] o Unigraphics [8] permiten movimientos intuitivos y funcionales (desplazamientos, zooms y orientaciones dinámicas con simples combinaciones de teclas y botones del ratón) que facilitan las tareas de comprensión y modificación, otros como AutoCAD [9] [10] o MicroStation Modeler [11] [12], impiden el manejo asequible del modelo, provocando pérdidas de tiempo innecesario en idas y venidas repetitivas a menús, más o menos accesibles, lo que implica una inversión temporal mayor en la realización de ciertas tareas. Un ejemplo claro es la orientación dinámica mediante menús (figura 1).

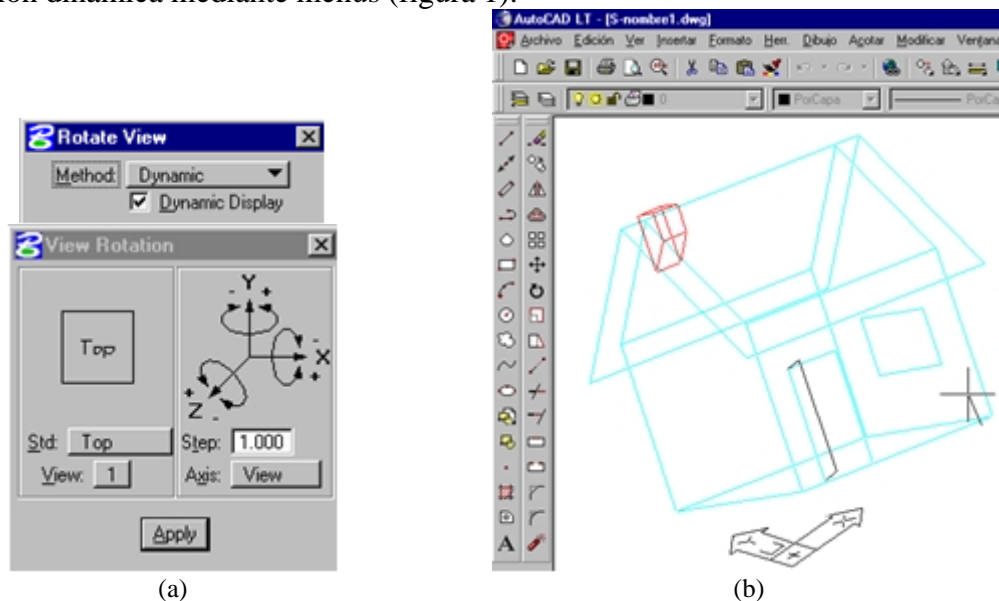


Figura 1: Orientación dinámica en (a) MicroStation y (b) Autocad

En el *acceso a la información*. Actualmente, cada vez más aplicaciones optan por tener toda la información relativa al modelo accesible desde cualquier punto del

programa, esto es, se pueden realizar modificaciones en *features* accediendo, tanto desde el menú (con posterior selección de geometría por pantalla), como desde el árbol del modelo (situándose sobre la *feature* correspondiente), como desde la misma pantalla gráfica simplemente situándose sobre la geometría en cuestión y pulsando un botón del ratón. Lo que está únicamente disponible solo en las últimas versiones de ciertas aplicaciones más avanzadas (figura 2).

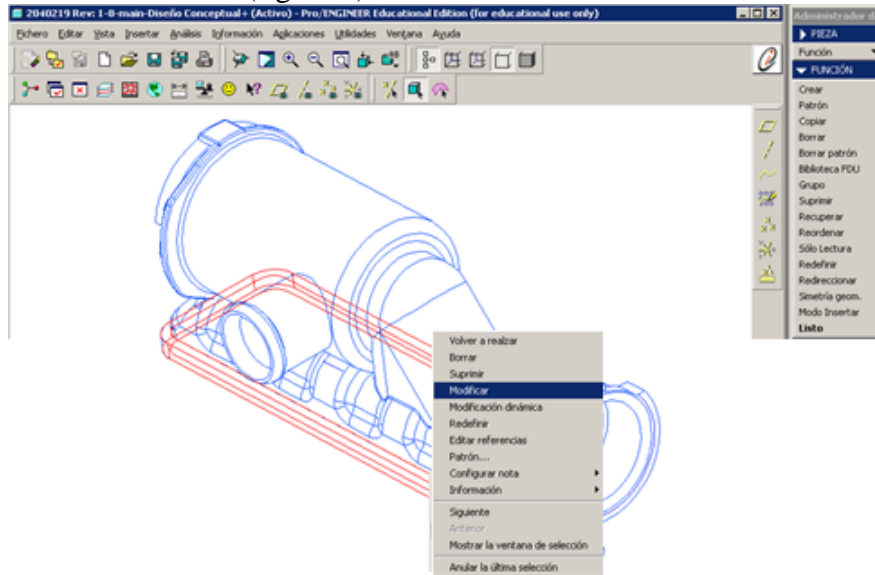


Figura 2: Selección de *features* en pantalla gráfica (Pro/E versión 2001)

Respecto a la *visualización*, solamente las aplicaciones de gama media y alta proporcionan visualizaciones realistas *on-line* con algoritmos de ocultación de líneas potentes y robustos (figura 3).

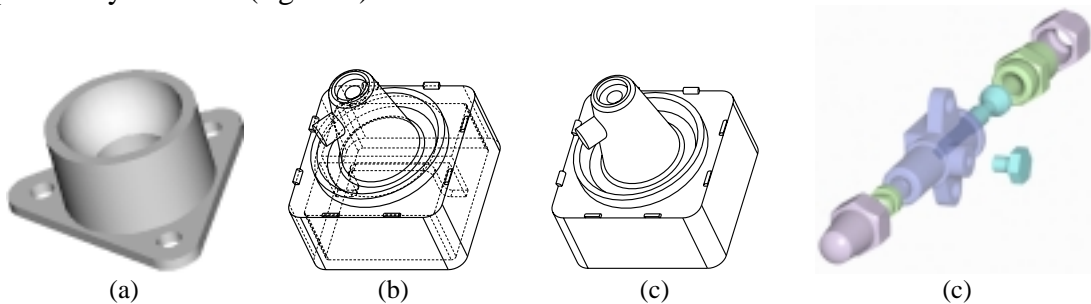


Figura 3: Visualización de un modelo (a) sombreado, (b) con líneas ocultas, (c) sin líneas ocultas y (d) con técnicas de renderizado (Pro/E versión 2001)

En el *dominio de los modelos*, donde son puntos clave el número de primitivas que incorpora la aplicación y la flexibilidad para generar geometrías complejas. Resulta evidente que una aplicación CAD de altas prestaciones representará más modelos y será capaz de crear geometrías variadas y complejas; que no es posible generar con aplicaciones simples, y que no son robustas en aplicaciones de prestaciones inferiores.

Sin duda, también es interesante el entorno de esbozo o *sketching* que presentan este tipo de aplicaciones. Puesto que muchos usuarios tenemos una educación previa en aplicaciones de delineación, el salto a las de modelado es aún más difícil. Todo lo que hacemos en una aplicación de delineación (delinear capturando puntos clave, utilizando coordenadas relativas, etc.), pensamos poder hacerlo, obviamente, cuando modelemos. Para generar la geometría, previamente se han de esbozar las secciones y trayectorias en el espacio que nos permitirán la creación del modelo. Esta tarea de “esbozar” o “delinear” secciones o perfiles puede representar muchas veces un duro trabajo.

Algunas aplicaciones permiten crear estos esbozos bidimensionales con cierta facilidad, como por ejemplo MicroStation Modeler, que utiliza la herramienta *Accudraw* (o dibujo con precisión) y sus modos de *snap* (o captura de puntos clave de referencia a entidades) para obtener de una manera rápida y simple una sección (aparte de apoyarse en otras herramientas para la aplicación de restricciones geométricas que definan la intención de diseño, como muestra la figura 4). O, por el contrario, pueden dificultar la tarea de creación de secciones como es el caso de Unigraphics o Catia, que se hacen menos amigables a la hora, tanto de crear como de establecer restricciones en las secciones. Pro/Engineer por su parte ha mejorado su interfaz con el perfeccionamiento de lo que llama “administrador de intenciones” (figura 5), que en las nuevas versiones facilita enormemente la tarea de esbozo, capturando la intención de diseño del usuario, y permitiéndole rectificar en cada momento que lo desee.

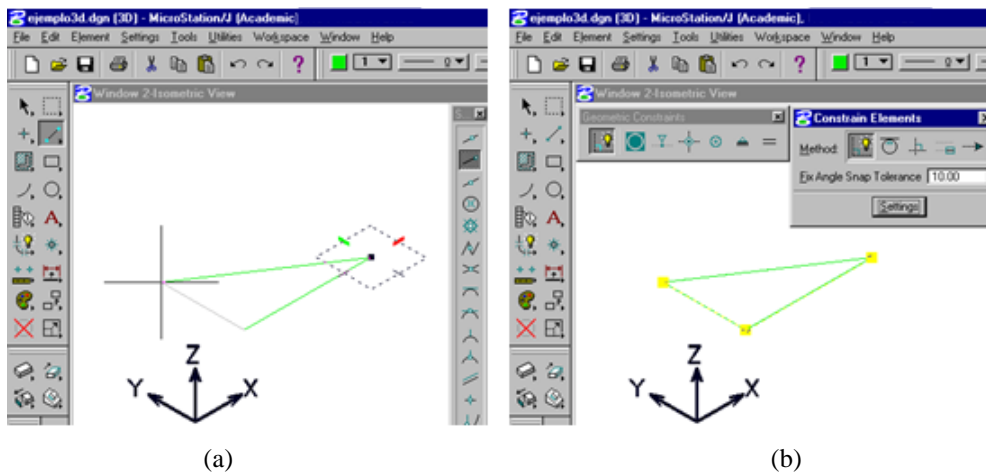


Figura 4: (a) Esbozo de secciones y (b) aplicación de restricciones para creación de geometría 3D con MicroStation Modeler

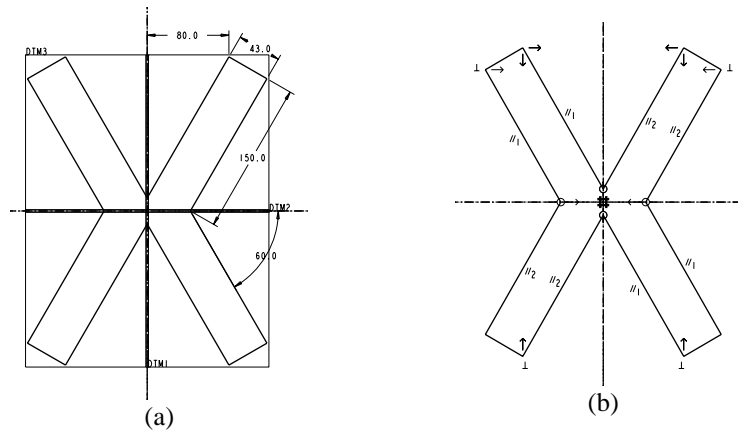


Figura 5: Modo esbozo de Pro/E: (a) ejemplo con una sección con cotas y (b) la misma sección con la intención de diseño (restricciones geométricas) capturada automáticamente por el administrador de intenciones de Pro/E

La asociatividad $3D \leftrightarrow 2D$ es también un aspecto crítico importante, ya que permite modificaciones en los dos sentidos, esto es, del modelo al plano de ingeniería y del plano al modelo tridimensional. Normalmente, la totalidad de las aplicaciones simples y muchas de gama media aseguran, únicamente, el sentido de 3D a 2D, pero no al contrario. Las aplicaciones más completas, sí que aseguran la asociatividad plena.

Por otra parte, se usan las bibliotecas de elementos en casi la totalidad de las aplicaciones CAD existentes. También es amplio el uso de las tablas de familia, consistentes en la creación de elementos relacionados por parámetros dimensionales, de modo que, definiendo uno de ellos y variando ciertas cotas, se obtiene el resto de los elementos. Esto está muy bien cuando el elemento está perfectamente definido, pero ¿qué sucede cuando un elemento o modelo no está estandarizado, sino que tiene unas dimensiones no predefinidas, las cuales varían según los requerimientos de un cliente?. Las herramientas de creación de FDU (Funciones Definidas por el Usuario) permiten definir formas y parámetros, de modo que es el usuario el que crea un elemento nuevo utilizando geometría previa, lo que supone un considerable ahorro de tiempo en el modelado de ciertos elementos geométricos con un significado funcional que se repiten sistemáticamente en las diferentes piezas que constituyen determinados productos [13]. Las aplicaciones CAD más avanzadas permiten el uso de las FDU, las cuales aumentan la eficiencia de la aplicación y amplían el campo abierto con las tablas de familia, tan extendidas en todas las aplicaciones CAD. En la figura 6b se muestra la última fase del proceso de creación de una FDU con Pro/E, en la que primero se modela la geometría cuidando minuciosamente la intención de diseño y, posteriormente, se establecen los parámetros a variar según unos requerimientos específicos. El elemento elegido es uno de los pivotes de anclaje marcados en color rojo en la figura 6a. En la figura 6b se aprecian las dimensiones elegidas como parámetros durante la creación de la FDU, que el usuario podrá variar según los requerimientos del cliente.

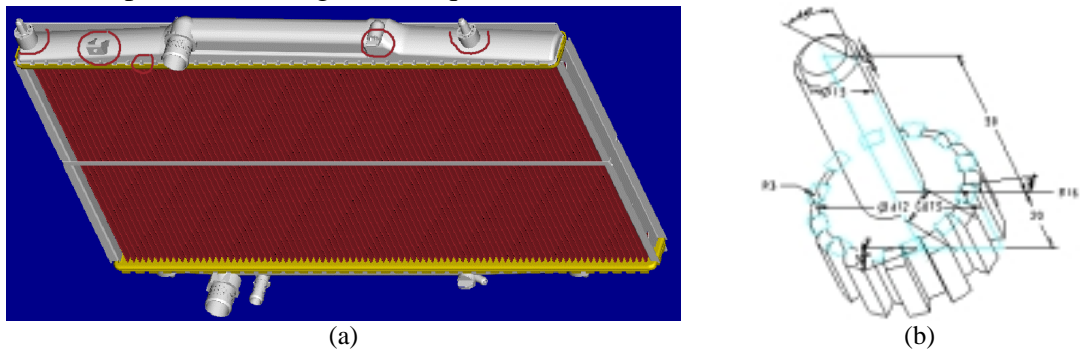


Figura 6: (a) Elementos de un radiador de automóvil candidatos a ser modelados como FDU (enmarcados en color rojo), y (b) creación de un modelo de pivote para anclaje mediante la función FDU de Pro/E

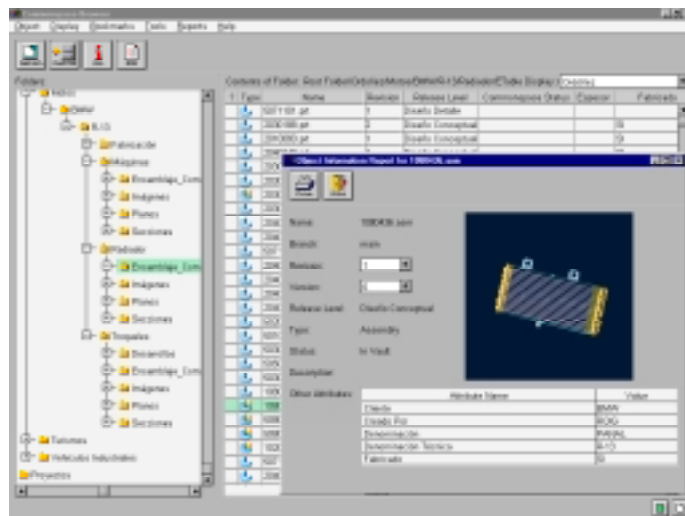


Figura 7: Ventana de información del sistema Pro/INTRALINK de PTC

Sin entrar en debate de lo que supone la incorporación de un PDM (*Product Data Management*) en el uso y gestión de un sistema CAD [14] (gestión de toda la información que se deriva de un proyecto, como son los documentos de contrato, pliegos de condiciones, estados del proyecto en las distintas fases del diseño, etc.), también se considera la gestión de cierta información no gráfica asociada al modelo, como pueden ser la lista de despiece, los materiales, etc. La figura 7 muestra el gestor PDM de PTC, Pro/INTRALINK.

Otro aspecto a considerar es la posibilidad de incorporar información crítica del producto en la fase de diseño conceptual, que es la fase más temprana del diseño [15]. La mayoría de aplicaciones CAD de modelado no proporcionan herramientas de captación de ideas y aspectos críticos del proyecto. Sin embargo, la reunión e interpretación de este tipo de información es muy útil, ya que agrupa los criterios básicos, y sus relaciones funcionales mutuas, que gobernarán la estructura principal del proyecto. Únicamente, algunas aplicaciones de altas prestaciones incorporan este tipo de ayudas en forma de “esqueleto” (*skeleton* de Pro/Engineer) [16] o “estructura de control” (*Control Structure* de Unigraphics) del producto [17]. La figura 8 muestra un esqueleto en el que se aprecia como Pro/E maneja esta información crítica dentro de la estructura del árbol del modelo del producto (figura 8a) y como se representa dentro de la estructura del modelo mediante entidades de referencia y geometría externa importada desde partes situadas en niveles superiores del árbol del modelo del producto (detalle A de la figura 8b), utilizando la metodología top-down [18] ¹.

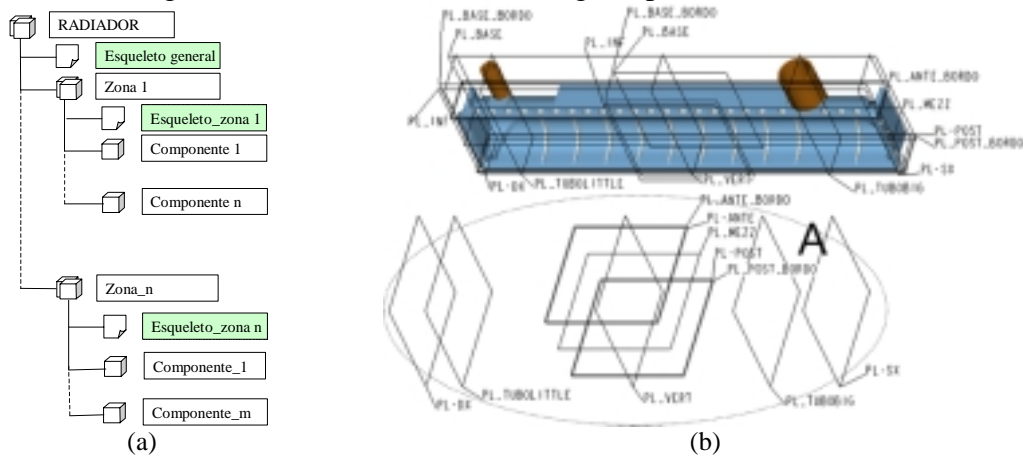


Figura 8: (a) Estructura del esqueleto de un radiador de automóvil dentro de la estructura del producto y (b) componente “depósito de salida” con geometría de detalle y su esqueleto

En la figura 9 se muestra la gestión de datos fundamentales de un proyecto en Unigraphics mediante la estructura de control (CS), de la cual se generan las *Start parts* que servirán de punto inicial para crear la geometría de detalle del producto (PA) mediante las *Linked parts* (figura 9a). Como ejemplo se muestra la estructura de control de un cambio de marchas de automóvil con dos ejes secundarios (figuras 9b y 9c) [19].

Ambas estructuras tienen almacenados los parámetros críticos del proyecto y la intención de diseño del ingeniero, de modo que las modificaciones que afectan a estos parámetros críticos, repercuten automáticamente en el resto del diseño, facilitando y

¹ Trabajo financiado con fondos FEDER CICYT “Implantación de tecnologías avanzadas de diseño y fabricación en el ámbito de la ingeniería concurrente. Aplicación a una empresa de componentes para automoción”. Ref.: 1FD1997-0784.

flexibilizando las modificaciones y posibles rediseños futuros, e incluso permitiendo el control de diferentes productos compartiendo dicha estructura².

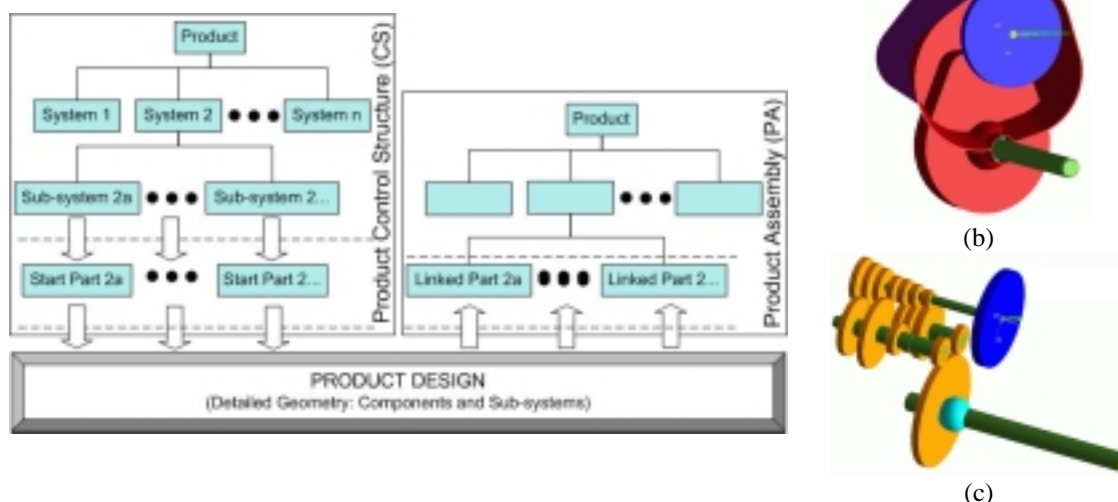


Figura 9: (a) Organización de la estructura de control del producto (CS) y transmisión de los datos fundamentales al modelo (PS) en Unigraphics, (b) estructura de control de un cambio de marchas con y (c) sin caja

3 Comparación entre diferentes aplicaciones CAD de modelado

Para el presente trabajo se han comparado dos de las aplicaciones “de grandes prestaciones” que dominan el mercado actual (Pro/Engineer y UniGraphics), con otra que, aunque minoritaria, apunta tendencias que creemos que pueden originar cambios en el mercado a corto o medio plazo. En concreto, se ha estudiado un software que se proclama “gratis” y está inspirado en la aplicación de modelado Pro/Engineer, Express-2001.

Tabla 1: Valoración de aspectos críticos de diferentes aplicaciones CAD de modelado

| | Pro/Engineer | UniGraphics | Express2001 | AutoCAD | MicroStation |
|---|--------------|-------------|----------------|----------------|----------------|
| Compatibilidad | *** | *** | ** | ** | ** |
| Amigabilidad de la interacción (GUI), acceso a la información | *** | ** | ** | * | * |
| Visualización | *** | *** | ** | * | * |
| Dominio de los modelos | *** | *** | *** | ** | ** |
| Entorno de esbozo (intención de diseño) | *** | ** | ** | * | ** |
| Asociatividad 2D ↔ 3D | ☑ | ☑ | ☒ | ☒ | ☒ |
| Funciones definidas por el usuario (FDU) | ☑ | ☑ | ☑ | ☒ | ☒ |
| Gestión de datos del producto (PDM) | ☑ | ☑ | ☑ ⁱ | ☑ ⁱ | ☑ ⁱ |
| Esqueleto del producto (diseño conceptual) | ** | *** | ☒ | ☒ | ☒ |

² Trabajo parcialmente financiado por la Secretaría de Education, Universidades, Investigación y Desarrollo, Consejería de Cultura, Educación y Ciencia de la Generalitat Valenciana. Ref: POST00-14-126.

ⁱ Aunque estas aplicaciones pueden gestionarse con PDM externos, esto es, no poseen un sistema PDM asociado o propio, sí que son capaces, a muy bajo nivel, de gestionar cierta información no gráfica asociada al diseño como son las listas de despiece, materiales, etc.

El segundo grupo de aplicaciones que hemos comparado es el de grandes paquetes de delineación asistida que han evolucionado hasta ofrecer módulos 3D competitivos. En concreto, hemos considerado la versión J de MicroStation, por ser representativa de las aplicaciones relacionales de bajo coste, y la versión 2000 de AutoCAD.

Las características descritas arriba han sido valoradas para las cinco aplicaciones estudiadas. Una primera clasificación se puede obtener comprobando si una aplicación permite () o no permite () realizar una determinada tarea. Se ha recurrido a clasificar de una (*) a tres estrellas (***) cuando el grado de cumplimiento es manifiestamente diferente.

4 Conclusiones

Tras el estudio comparativo realizado, quedan patentes las ventajas del modelado frente a la delineación, siendo una de las principales ventajas la creación de prototipos virtuales que reducen el tiempo de puesta del producto en el mercado, permitiendo a la empresa, con mucho, incrementar su competitividad.

Los sistemas CAD 3D amplían las prestaciones de los 2D, incorporando, además de aspectos propios del 2D, herramientas de modelado con las consiguientes herramientas de generación automática de planos, herramientas de captura de la intención de diseño del ingeniero, gestores de datos del producto asociados, herramientas potentes de visualización, herramientas para la reutilización de modelos geométricos, herramientas de captura de datos fundamentales del proyecto en la fase más temprana del diseño como es la fase conceptual, etc.

Por todo esto, cada vez más se están imponiendo las aplicaciones CAD de modelado frente a las aplicaciones CAD de delineación, ya que, tanto el avance tecnológico como la reducción de precios tanto en *hardware* como en *software*, hacen posible que sean cada vez más las empresas que se decanten por la adquisición de una aplicación CAD 3D.

También, la aplicación de la metodología top-down disponible en las aplicaciones de modelado, proporciona beneficios en la gestión y organización de los proyectos de productos complejos, facilitando la distribución del trabajo concurrente, flexibilizando la modificación de los modelos y proporcionando la reutilización de geometría previa.

Uno de los aspectos que más preocupa y demanda el mercado actual, es la captura, almacenamiento y gestión de los datos fundamentales del proyecto. Aunque las más importantes empresas de este tipo de sistemas estén encaminando todos sus esfuerzos en incorporar este tipo de herramientas a sus productos, todavía queda bastante trabajo por realizar y muchas líneas de investigación abiertas por estudiar.

5 Referencias

- 1) CLEETUS, K.J., 1992, *Definition of Concurrent Engineering*, Concurrent Engineering Research Center Technical Reports, CERC TR TM 92-005.
- 2) PRASAD, B., 1996, *Concurrent engineering fundamentals*. Integrated product and process organization. Vol I & II, Prentice Hall.
- 3) ROWELL, A., 1998, *Virtual vehicles*. Computer Graphics World, March, pp 61-68.
- 4) HÖHN, B.R., STEINGRÖVER, K. and DYLA, A., 2000, *Computer aided product development*, Proc. of the International Design Conference – DESIGN 2000, Dubrovnik, May 23-26, 2000, pp.307-312.

- 5) OHTAKA, A., 1999, *Parametrics: Present and future*. Proceedings of the 5th International Conference on Information Systems Analysis and Synthesis ISAS'99, July 31-August 4, 1999, Orlando, Florida (USA).
- 6) VERGEEST, J.S.M. and HORVÁTH, I., *Where interoperativity ends*. Proc. of the 2001 Computers and Information in Engineering Conference, DETC'01, ASME, New York, 2001. (Available at <http://dutoa36.io.tudelft.nl/docs/cie21233.pdf>, 2001)
- 7) PTC, 2002, <http://www.ptc.com>, accessed 01-2002.
- 8) UNIGRAPHICS, 2002, <http://www.ugsolutions.com>, accessed 01-2002.
- 9) AUTODESK, 2002, <http://www.autodesk.com>, accessed 01-2002.
- 10) DIX, M. & RILEY, P. *Descubre AutoCAD 2000*. Ed. Prentice Hall. Madrid, 2000.
- 11) BENTLEY, 2002, <http://www.bentley.com>, accessed 01-2002.
- 12) FRANCO, J. & FRANCO, J.C. *MicroStation J*. Ed. Anaya multimedia. Madrid, 2001.
- 13) CONTERO, M., ALEIXOS, N., VILA, C. & COMPANY, P., 2001, *La reutilización de modelos geométricos en el proceso de diseño*. Actas del XIII Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica. ISBN: 84-699-5057-6.
- 14) VILA, C., CONTERO, M. and COMPANY, P., 2000, *Extended Modelling, a Tool for Cooperative Design*. 6th International Conference on Concurrent Enterprising, Toulouse, 28-30 June 2000, Published by Centre for Concurrent Enterprising, University of Nottingham, ISBN 0-9519759-9-4, pp 171-179.
- 15) WHITNEY, D.E., MANTRIPRAGADA, R., ADAMS, J.D. and RHEE, S.J., 1999, *Designing assemblies*. Research in Engineering Design, Vol. 11, pp. 229-253.
- 16) Manuales Pro/ENGINEER, 2000, *Top Down Design*, PTC Inc. ISBN: n.a.
- 17) A.A.V.V., *Harnessing the power of UG/WAVE*, INTERFACE, Vol. 4, No. 4, 1998 (in url <http://www.ugsolutions.com>)
- 18) ALEIXOS, N., PATALANO, S., CONTERO, M., COMPANY, P. and VILA, C., 2001, *Metodología Top-Down para la modelación CAD avanzada: Desarrollo del modelo paramétrico-asociativo de un radiador de automóvil*. Actas del XIII Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica. ISBN: 84-699-5057-6.
- 19) MOSCA, F., Di MARTINO, C. and ALEIXOS, N., 2001, *Complex CAD project management by the means of designing criteria control tools. Deployment of a vehicle gearbox archetype with the aid of WAVE by UNIGRAPHICS*, XII ADM International Conference, Rimini (Italy), September 5th-7th, 2001.