

METODOLOGIA TOP DOWN PARA LA MODELACION CAD AVANZADA: DESARROLLO DEL MODELO PARAMETRICO-ASOCIATIVO DE UN RADIADOR AUTOMOVILISTICO

Aleixos, Nuria
Patalano, Stanislao; Contero, Manuel; Company, Pedro; Vila, Carlos;
Departamento de Tecnología
Universidad Jaume I de Castellón
Campus de Riu Sec 12071-Castellón
naleixos@tec.uji.es; Tfno. 964 728123; Fax.; 964 728106
Dibujo y Diseño Asistido por Ordenador

1. Resumen

Las actividades de proyectación llevadas a cabo por numerosas empresas, como por ejemplo las del sector automovilístico y aeronáutico, imponen la integración de conocimientos relativos a diferentes tecnologías, para organizar y desarrollar el proyecto de productos complejos [1]. A menudo es necesario especificar un método de trabajo de acuerdo con las características del sistema CAD utilizado y con todas las exigencias del proyecto. La organización top-down, en tal contexto, resulta la vía más conveniente para gestionar la estructuración de los sistemas CAD *feature-based* [2] y la ingeniería concurrente de todos los componentes del producto [3].

El presente trabajo ilustra una metodología *top down* para el modelado de productos complejos que utiliza una estructura fundamental o *skeleton*, la cual contiene los criterios y elementos fundamentales de todo el proyecto, como las posiciones de montaje y los espacios que ocupan los subsistemas y las partes. La optimización en el uso de tal estructura, ya prevista en la arquitectura inicial de la aplicación CAD, consiente una plena gestión paramétrico-variazional del modelo en fase de desarrollo, prescindiendo de la complejidad morfológica de los elementos geométricos característicos del producto, de su número y de la tipología de variaciones que, cualquiera que sea la fase en que se encuentre el proyecto, pueden intervenir [4].

Este trabajo se enmarca dentro de un proyecto financiado con fondos FEDER CICYT de título 'Implantación de Tecnologías Avanzadas de Diseño y Fabricación en el Ámbito de la Ingeniería Concurrente. Aplicación a una Empresa de Componentes para Automoción' (Referencia: 1FD1997-0784) [5], en el cual se presenta una aplicación de la metodología mencionada anteriormente, al desarrollo del modelado de un radiador automovilístico (propiedad de Radiadores Ordoñez, S.A.). La descripción de todas las fases de construcción del modelo, realizado mediante el sistema CAD Pro/Engineer, se completa con una serie de ejemplos que atestiguan las características de variabilidad paramétrico-associativa.

2. Introducción al Modelado con Aproximación al Esquema de Diseño Top-Down.

El nivel tecnológico de las industrias del sector automovilístico, viene condicionado por sus relaciones con las grandes multinacionales, las cuales utilizan ampliamente las herramientas CAD/CAM/CAE avanzadas para reducir el tiempo de desarrollo de sus nuevos productos, y aumentar su calidad y competitividad [6]. Además, en la actualidad ya han empezado a surgir las primeras experiencias de diseño de vehículos completos mediante prototipos virtuales o digital *mockups* [7], suponiendo, a medio plazo, la implantación del diseño totalmente digital [5] mediante la adopción de tecnologías CAD/CAM/CAE en la industria auxiliar del automóvil.

Es aquí donde entra el concepto de esquema de diseño Top-Down. El esquema de diseño Top-Down consiste en fijar unos criterios y especificaciones iniciales del proyecto en un nivel jerárquico superior. Estas especificaciones de nivel superior son sucesivamente transferidas de un modo hereditario a todas las partes del proyecto de los niveles inferiores. Esta transferencia se realiza a través del llamado esqueleto del producto, construido en la fase preliminar del proyecto [8].

Trabajar con este esquema de diseño presenta diversas ventajas, entre las cuales destacan la mejor gestión de conjuntos complejos, la organización de proyectos complejos, la distribución del trabajo para el modelado concurrente de las distintas partes del producto [9, 10], la flexibilidad de modificación de los modelos, la autonomía de modelado de los diferentes usuarios del proyecto, etc.

En definitiva, esta metodología gestiona íntegramente todos los aspectos fundamentales del proyecto, permitiendo a cada usuario, tener disponible en cada momento, toda la estructura fundamental del conjunto. Esta estructura fundamental está contenida en lo que se llama esqueleto del producto y contiene todos los criterios y elementos fundamentales como condiciones de montaje de los componentes, la delimitación del espacio que ocupan las diferentes partes y subsistemas, los parámetros, las superficies y curvas de referencia, y las superficies de estilo.

Este esqueleto se comporta como un esquema tridimensional, que permite compartir la información crítica del proyecto a través de todos los subconjuntos y las partes enlazadas, y permite el control de las interdependencias dentro del mismo subsistema. La aproximación Top-Down, por tanto, establece y organiza, siempre a través del esqueleto, las relaciones funcionales e interacciones entre todos los componentes de un sistema.

Una estructura organizada de un conjunto, permite compartir la información entre sus diferentes niveles, de manera que si se realiza una modificación en un cierto nivel, esta modificación viene reflejada en todos los niveles inferiores que comparten esta información, esto es, los cambios se propagan a través de la estructura creada. Esta forma de trabajo es muy útil cuando existe un equipo integrado por varios usuarios, los cuales deben colaborar conjuntamente en el modelado del mismo producto [11]. De modo que todos ellos pueden trabajar individualmente sobre componentes o subconjuntos que están interrelacionados entre sí, descomponiendo de esta forma el problema en partes más simples que se modelan separadamente, para crear posteriormente un proyecto complejo articulado con dichas partes simples.

Los aspectos que propone esta técnica son los siguientes:

- Planificación inicial del proyecto
- Creación de la estructura de control del producto
- Compartición de la información crítica del proyecto a través de una jerarquía definida
- Individualización de la relación entre los distintos componentes

2.1. Planificación inicial del proyecto

En esta fase preliminar es donde se encuentran las ideas básicas del producto, los bocetos, los vínculos del proyecto y la elaboración de las especificaciones proyectuales para la definición del dimensionamiento, la funcionalidad, la accesibilidad y las normas de fabricación de la compañía. Es en esta fase pues donde se debe adaptar el sistema CAD a utilizar, a las normas proyectuales establecidas por la compañía, como son la funcionalidad de la modelización y el cumplimiento de las tolerancias establecidas. También es necesario establecer el reparto de las competencias para permitir eventuales modificaciones durante el desarrollo del proyecto [12].

2.2. Creación de la estructura de control del producto

El siguiente paso que propone esta técnica es el desarrollo de una estructura de control del producto, de forma que se establezca una jerarquía entre los diferentes componentes que lo integran. Las ventajas de plantear una estructura organizada del producto son la optimización de la utilización del sistema CAD, ya que permite una mejor gestión de los componentes y subconjuntos, y la posibilidad de dividir el problema entre diferentes miembros de un grupo de trabajo.

La estructura de control del producto se debe organizar en base a unos requerimientos o restricciones que debe cumplir el diseño (RF). Estas restricciones se traducen en parámetros del proyecto (PP). A partir de éstos se individualiza el conjunto de restricciones que se agruparán en subsistemas independientes y que, posteriormente, se distribuirán para modelar el producto. Oportunas relaciones de control a través de las referencias consienten disfrutar de pleno la característica de parametricidad de muchos sistemas CAD [13, 14]. La Fig. 1 muestra el esquema seguido para estructurar la información crítica del producto.

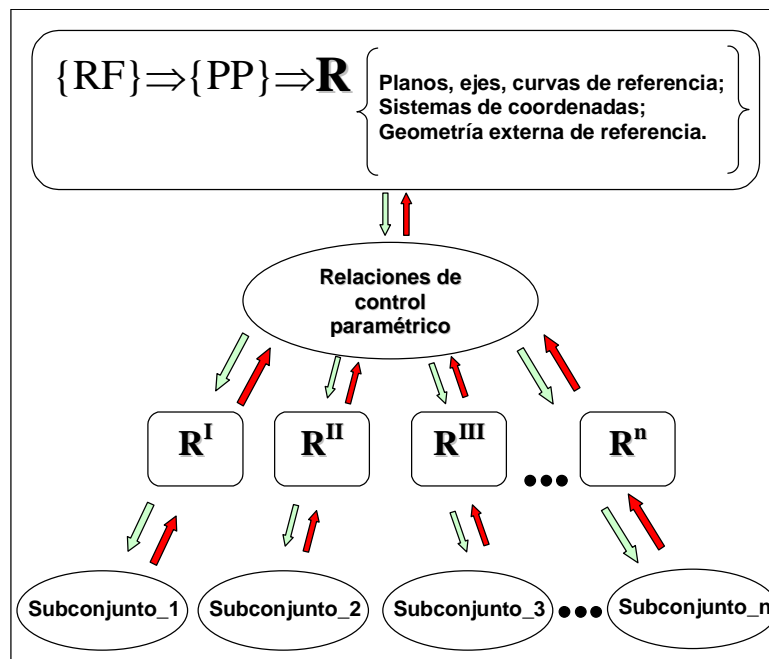


Fig. 1 - Estructura de control del producto

2.3. Compartición de la información crítica del proyecto

Cuando un componente del modelo de una parte del motor cambia, el resto de componentes que se ven afectados por ese cambio deben actualizarse a la nueva definición. El esqueleto, introducido previamente, gestiona toda la información de manera que permite al resto de usuarios que trabajan en el diseño de otros componentes, tener disponible en todo momento las modificaciones actualizadas del componente modificado, ya que sus definiciones de modelado y funcionalidad están contenidas en el propio esqueleto. Esto es posible ya que los

componentes afectados contienen el esqueleto del producto, evitando además la proliferación de datos duplicados.

La forma de compartir la información crítica del proyecto a través del esqueleto permite que varios componentes y subconjuntos de distinto nivel hagan referencia a los mismos datos, de forma que modificando estos datos de referencia en el esqueleto, estas modificaciones se propaguen a dichos componentes y subconjuntos. De este modo, referencias de posicionamiento, de delimitación del espacio ocupado y de centrado de determinados elementos, solo necesitan modificarse una sola vez, en lugar de tenerse que repetir la modificación en cada parte del modelo.

En el esquema de la Fig. 2 se muestra el funcionamiento de la técnica Top-Down utilizada en este trabajo. En esta figura se puede apreciar como la información general crítica del proyecto, contenida en el esqueleto, se transfiere a los diversos elementos del conjunto (componentes y subconjuntos). La técnica utilizada prevee además la creación de otros datos críticos del proyecto como locales a algún componente o subconjunto, los cuales forman un subesqueleto, y pueden ser transferidos a los elementos del conjunto de los niveles inferiores. Esta información, además, también puede ser utilizada por elementos de niveles superiores, siendo necesario realizar esta transferencia a través del esqueleto general del conjunto, para evitar de este modo la creación de referencias circulares dentro del conjunto.

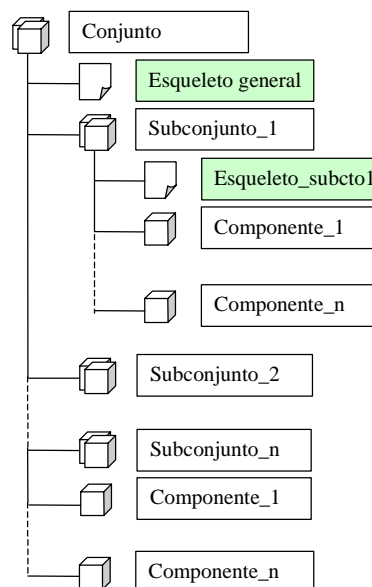


Fig. 2 – Forma característica del árbol del conjunto en la técnica Top-Down utilizada

En la Fig. 3 se muestran las transferencias permitidas en este esquema de funcionamiento. Como puede observarse de forma general, esta transferencia se realiza desde los esqueletos superiores al resto de elementos del conjunto (recorrido 1-2',1-3', 1-2, 1-3, 1-4), de cada uno de los elementos a todos los del mismo nivel (recorrido a-b-c, d-e-f, d-e-g), y desde cualquier elemento a otros de nivel superior o inferior a través siempre del esqueleto principal (recorrido A-B-C, E-B-D).

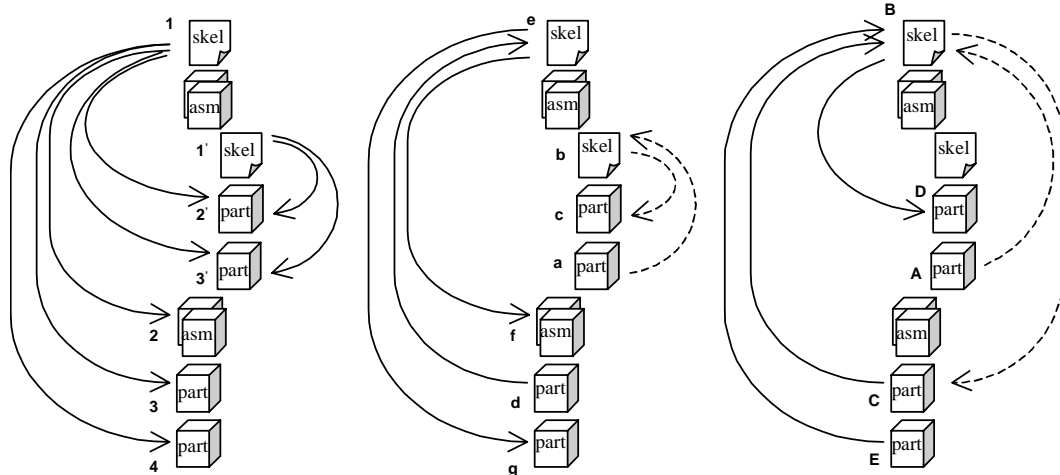


Fig. 3 - Transferencia de la información

2.4. Individualización de la relación entre los distintos componentes

El objetivo de esta individualización es la predisposición de la metodología necesaria para gestionar la interdependencia entre los componentes que integran el conjunto del proyecto de manera organizada. Dicho de otro modo, cuando un componente es modificado por un usuario y estas modificaciones afectan a otro u otros componentes del conjunto, cuando cualquiera de estos componentes que se ven afectados por las modificaciones del primero, se abre para ser modificado o, simplemente para trabajar con él, los cambios realizados en el primer componente se verán reflejados aunque este primer componente no esté en memoria [15].

Esta actualización entre componentes individuales tiene lugar a través de las referencias externas. Un componente toma como entidades de referencia ciertas entidades que contiene otro componente, permitiendo que los cambios se transmitan entre componentes a través de relaciones del tipo maestro-esclavo [16, 17].

3. Ejemplo de aplicación: creación de una estructura de producto en Pro/Engineer para el modelado de un radiador de automóvil.

En general, para la organización de la estructura de este proyecto siguiendo la técnica Top-Down antes descrita, se ha tenido en cuenta lo siguiente:

- Importación del carry-over de otros sistemas, como punto de partida o como componentes que ya se han modelado previamente en la empresa y que son comunes al modelo.
- Gestión de la ingeniería concurrente, ya que el modelado del proyecto debe llevarse a cabo entre varios proyectistas, concretamente tres, repartiéndose las tareas de modelado como sigue: los depósitos de entrada y salida del radiador, el cuerpo central y la evoluta. Esta concurrencia, disfrutando la potencialidad del sistema Pro/E, ha permitido que las modificaciones aportadas por un proyectista se hayan añadido al proyecto, siendo puestas a disposición del resto de proyectistas en tiempo real [18].

3.1. Estructura general del proyecto

En la fase de análisis de las especificaciones, se ha procedido a la identificación de un esquema preliminar del proyecto, confeccionado bajo la funcionalidad del sistema CAD utilizado. Una caracterización importante del proyecto es la división de la proyectación en diferentes zonas, siendo cuatro las zonas utilizadas en el proyecto del radiador. El desarrollo de todos los componentes se ha hecho mediante sólidos y superficies de Pro/E.

Además, han sido individualizados campos de variación más probables de los parámetros característicos del proyecto.

3.2. Estructura de control del producto

Los elementos utilizados para la creación de la estructura de control del producto son:

- Planos de referencia que delimitan el espacio del modelo. Cada componente del conjunto ocupa un espacio en el modelo que viene delimitado por unos planos de referencia. Dichos planos de referencia son comunes a otros componentes que ocupan espacios adyacentes.
- Ejes de referencia que indican posicionamiento de elementos específicos del modelo, como pueden ser tuberías de entrada y salida del agua a los depósitos inferior y superior del radiador, pivotes para el anclaje del depósito en el interior del motor, etc.
- Curvas de referencia para la creación o limitación de nueva geometría, como puede ser la creación de geometría compleja en una determinada parte de los depósitos del radiador, por ser ésta compleja y no poder modelarse mediante sólidos.
- Sistemas de coordenadas para el montaje de la geometría. Con este sistema de ensamblaje de los componentes, se obtiene una mejor gestión de la geometría en el conjunto, permitiendo la sustitución de componentes de manera inmediata, debido a que no se crean dependencias en la fase de montaje. El alineamiento y posicionamiento de los elementos que lo componen se realiza siempre a través de la estructura de control.
- Geometría externa de referencia que delimita el espacio del modelo o que indica el posicionamiento de los elementos de fijación al motor.

La estructura de control del proyecto se compone de una parte general contenida en el esqueleto del conjunto, y varias partes que enlazan con este esqueleto que están contenidas en niveles inferiores del proyecto. La transmisión de la información a todos los niveles se realiza a través de esta estructura de control, de modo que, si el responsable del proyecto realiza algún cambio o modificación a la estructura, todos los componentes del conjunto se actualizan a la nueva situación.

3.3. Modelo de creación de la estructura de control del radiador

En este apartado se explica el proceso que se ha seguido en la creación del modelo de la estructura de control del radiador. En primer lugar se han definido los planos de referencia generales que delimitan el espacio que ocupa el modelo. En la Fig. 4 se indican los planos generales que definen el housing del radiador usando geometría simplificada. El plano PL_SUP separa el depósito de entrada del cuerpo central, el PL_IZQ, PL_DER, PL_SUP, PL_INF, PL_ANT y PL_POST establecen los límites del cuerpo central, el PL_POST separa el cuerpo central de la evoluta que aloja el ventilador, y el PL_INF separa el cuerpo central del depósito de salida del radiador. Además, esta estructura básica de control contiene un sistema de coordenadas al cual se referirán todas las operaciones de montaje del conjunto.

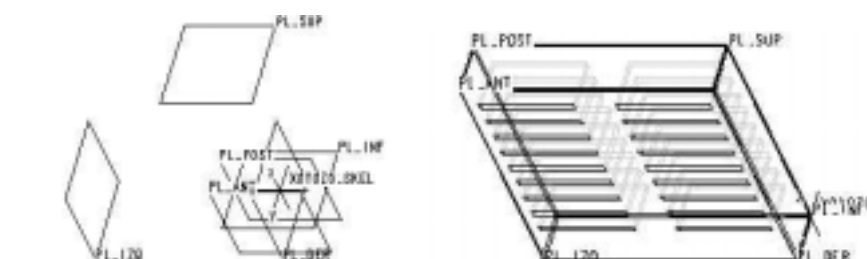


Fig. 4 - Esqueleto del nivel superior

cambian en el depósito de entrada obligatoriamente deberán cambiar en el depósito de salida. Para evitar duplicidad de información de control y realizar dos veces las modificaciones pertinentes, se hace necesario compartir la información existente en el primer componente creado. Esta compartición de la información se realiza mediante la función *copy external geometry* entre elementos del mismo nivel, siempre a través del esqueleto principal.

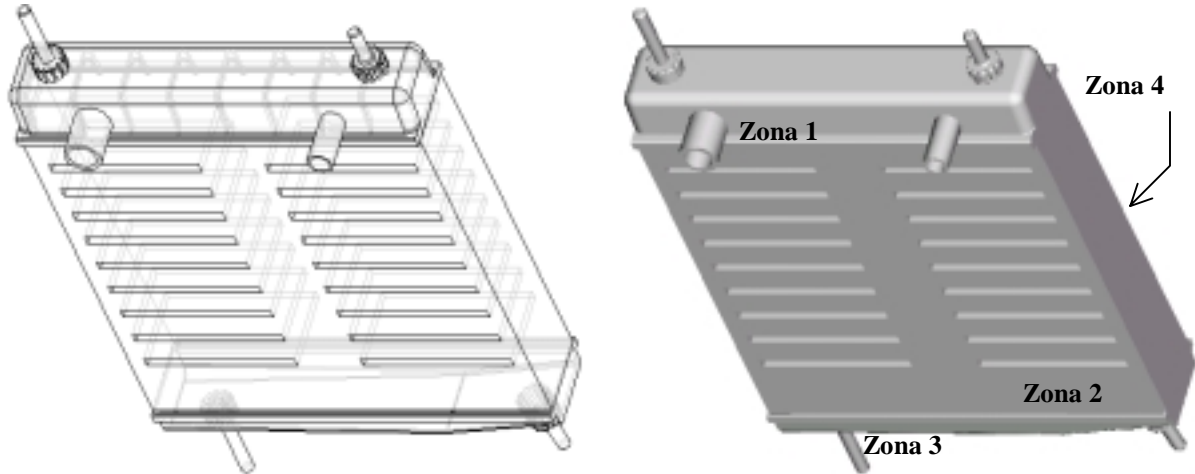


Fig. 7 - Geometría simplificada del radiador. División en zonas

En Fig. 8 se puede ver como se realiza esta transmisión en el árbol del modelo. Copia de información de control del depósito de entrada al de salida a través del esqueleto del proyecto (recorrido a-b-c). La referencia externa a la información de control reside ahora en el esqueleto principal y puede ser referenciada por otros componentes (b).

La referencia externa realizada es posteriormente utilizada para el modelado del depósito de salida del radiador. En la Fig. 9 se muestra esta referencia externa sobre el conjunto completo.

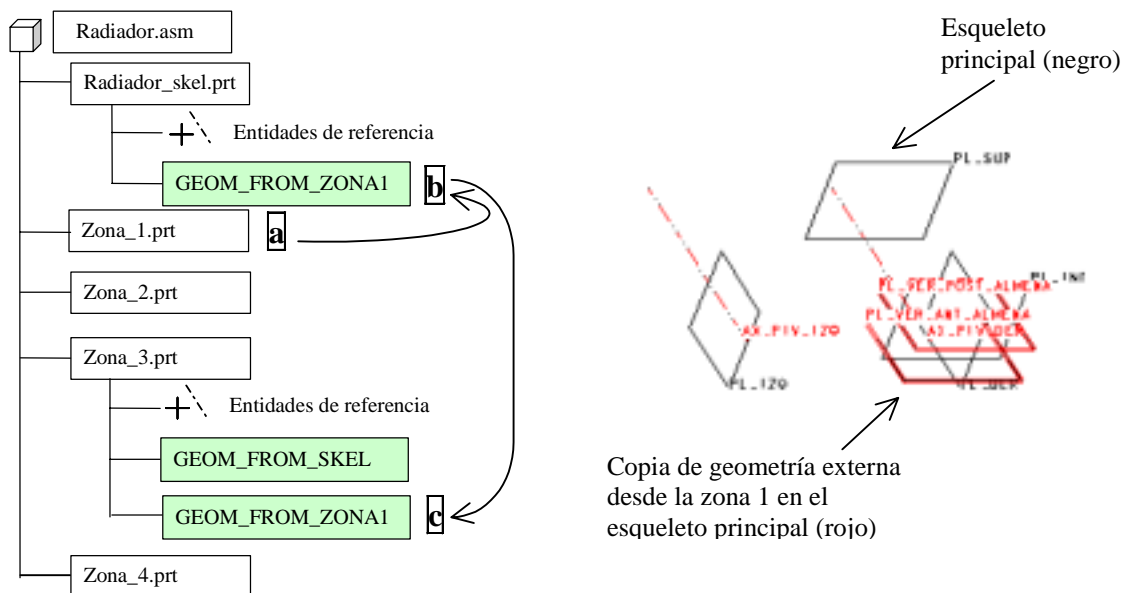


Fig. 8 - Transmisión de información de control

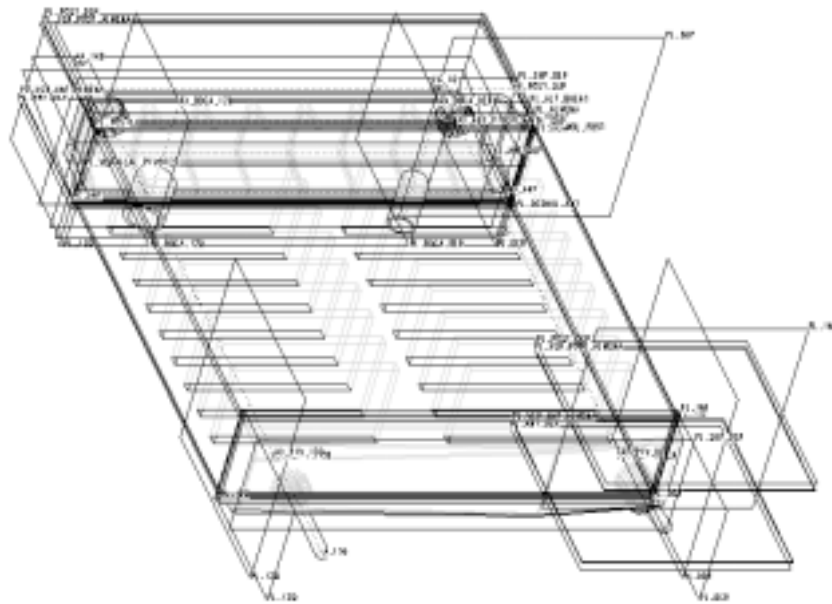


Fig. 9 - Creación del depósito de salida

3.4.Modificación de la estructura de control

Una vez modelado el radiador pueden cambiar algunas de las especificaciones del diseño, haciéndose necesaria una actualización completa del mismo. Estos cambios que no afectan al detalle sino a la estructura general deben llevarse a cabo por el proyectista encargado del proyecto, sobre la estructura de control o esqueleto.

Así, si por ejemplo cambia el posicionamiento de los elementos de fijación al motor 1a (Fig. 10), bastará con modificar la posición del eje de referencia en el esqueleto, obteniendo el resultado que muestra 1b. Si cambian las especificaciones de posicionamiento de las tuberías de intercambio con el motor 2a, se deberá modificar la posición del correspondiente eje de referencia en el esqueleto para obtener la ubicación deseada 2b.

Aparte del posicionamiento de determinadas funciones en el modelo también pueden cambiar las dimensiones o la forma. En la Fig. 11 se muestra como se han modificado el largo del cuerpo central del radiador, que afecta a todos los componentes que hacen referencia al plano desplazado, y el posicionamiento en altura de las tuberías de intercambio con el motor.

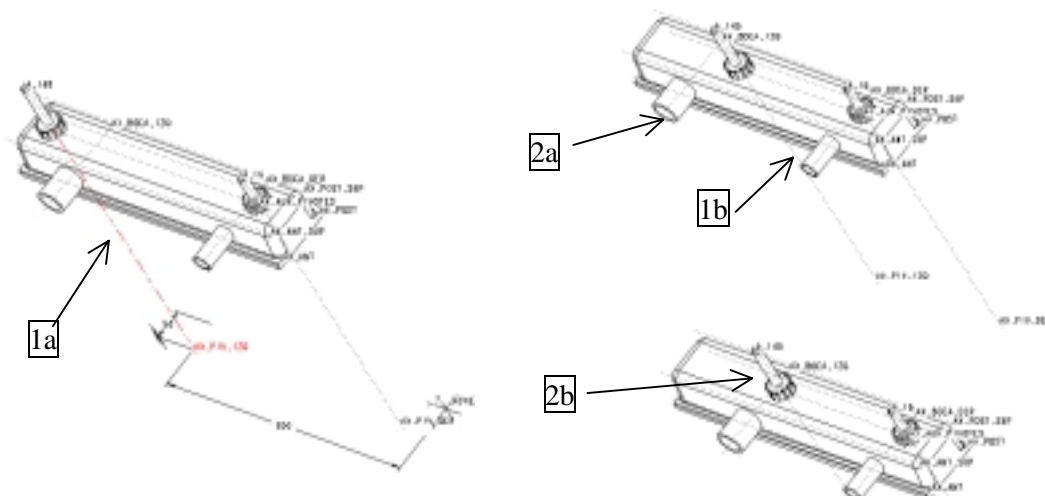


Fig.10- Modificación de la estructura de control

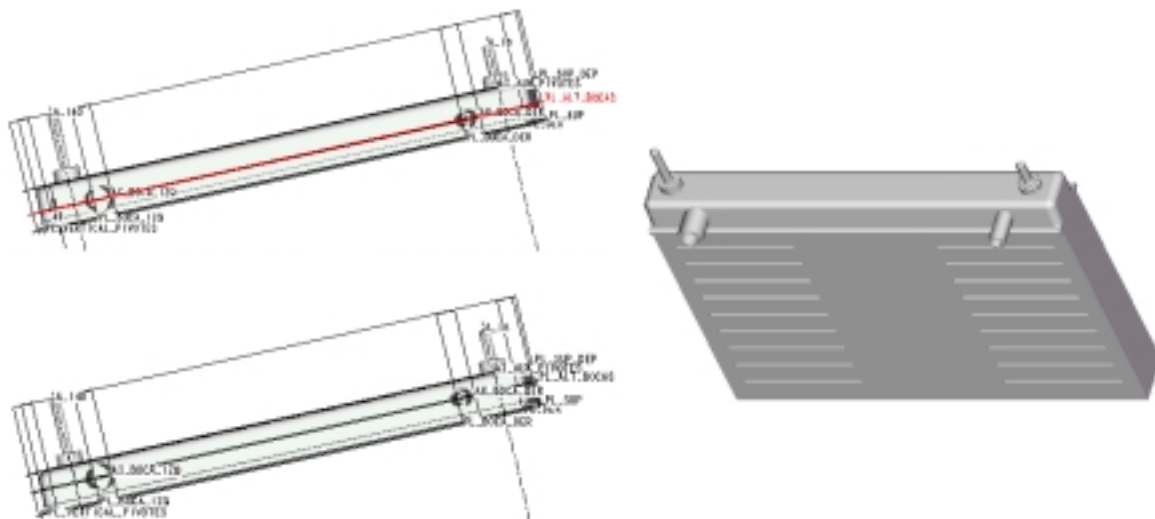


Fig. 11 - Modificación de la estructura de control

4. Conclusiones del trabajo.

Actualmente, no se están aprovechando al máximo las características de variacionalidad que proporcionan los sistemas CAD avanzados, lo que suele ser debido a una incorrecta planificación del trabajo y a una falta de metodología bien definida. Esta deficiencia planteó la aplicación de la metodología Top-Down para el modelado de radiadores automovilísticos, labor enmarcada dentro del proyecto CICYT en curso. El presente trabajo demuestra los beneficios de la metodología top-down aplicadas a la gestión y organización de proyectación, mediante sistemas CAD, de productos complejos, facilitando la distribución del trabajo para el modelado concurrente de las distintas partes del producto, la flexibilidad de modificación de los modelos, y la reutilización en la creación de modelos nuevos, lo que, al mismo tiempo, repercute positivamente en la calidad y validez de los modelos. También permite la existencia de una figura líder, distinta de los proyectistas, capaz de revisar y actualizar los modelos.

Posteriores desarrollos del presente trabajo de investigación, preveen la puesta a punto de una metodología de construcción de la estructura de control del producto o esqueleto, capaz de guiar al proyectista durante todo el proceso de modelado de la geometría de detalle de los radiadores automovilísticos y, más en general, del modelado de componentes de automoción. Tal construcción “normalizada” del esqueleto, deberá valerse, ya sea de una estructura semiautomatizada para la realización de la estructura de partida del mismo esqueleto, ya sea de una librería de arquetipos proyectuales (esqueletos específicos construidos para diferentes topologías de radiadores), que consientan lo mejor posible la reutilización de geometría previa, que aumenten notablemente la variabilidad morfológica y dimensional de los modelos construidos, y que aseguren la irrenunciable exigencia de reducción de los tiempos de modelado.

Este trabajo ha sido realizado con la ayuda de la Secretaría de Educación, Universidades, Investigación y Desarrollo, dentro del plan Valenciano de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico que promueve la Consejería de Cultura, Educación y Ciencia de la Generalitat Valenciana.

5. Bibliografía

[1] Frame, J. D.; “The New Project Management”. Jossey-Bass Publishers. 1994.

[2] Romero, F.; Contero, M. ; Vila, C.; “Sistema de diseño para fabricación basado en elementos característicos”. Anales de Ingeniería Mecánica, 1994, año 10, vol. 2, pp. 67-74, ISBN: 84-7721-289-9

- [3] Vila, C.; Contero, M.; "Herramientas de comunicación para el desarrollo de equipos de Ingeniería Concurrente". Anales de Ingeniería Mecánica, 1997, año 11, vol. 1, pp. 417-424, ISSN: 0212-5072
- [4] Bigelow, D.; "Thinking Pro/ENGINEER: Mastering Design Methodology". Onword Press, 1995. ISBN 1566900654.
- [5] Contero, M., Company, P.; Aleixos, N.; "A Practical Approach to a CAD Implementation on a SME (Small & Medium Enterprise)." Palermo (Italy), 11th ADM International Conference on Design Tools and Methods in Industrial Engineering, 8th-12th Decembre 1.999. Conference Proceedings. Volume B, 1999, ISBN 88-900081-9-9, pp. 35-42.
- [6] Romero, F. Vila, C. Contero, M.; "Diseño de Producto en un ámbito de Ingeniería Concurrente utilizando Herramientas STEP". II Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos. 1995
- [7] Rowell, A.; "Virtual vehicles". Computer Graphics World, Marzo 1998, pp 61-68
- [8] Manuale Pro/ENGINEER, Top Down Design, PTC Inc., 1998. ISBN: n.a.
- [9] Pawar, K. S.; Thoben, K.; Oelmann, R. "The Development of a Conceptual Model and a Knowledge Platform for Concurrent Engineering". CE95. Conference. pp 487-494. 1995.
- [10] Cleetus, K.J.; "Definition of Concurrent Engineering". Concurrent Engineering Research Center Technical Reports. CERC TR TM 92-005. 1992.
- [11] Vila, C., Contero, M. and Company, P.; "Extended Modelling, a Tool for Cooperative Design". 6th International Conference on Concurrent Enterprising, Toulouse, 28-30 June 2.000, Published by Centre for Concurrent Enterprising, University of Nottingham, ISBN 0-9519759-9-4, pp 171-179.
- [12] Servetti R.; "Metodologie CAD/CAM per prodotti complessi". Progettare, n°181, Luglio/Agosto 1995. ISBN: n.a.
- [13] Vezzani, M.; Culla, C.; Semplici, G. B.; "La modellazione mediante modellatori CAD parametrici-variazionali", In II Seminario Italo-Español, Progettazione e Fattibilità dei Prodotti Industriali, Napoli, 1999, ISBN: 88-9000081-3-X.
- [14] Luini, C; "Under Constraint vs Full Constraint:un derby affascinante", Il Progettista Industriale, Luglio, 2000, ISBN: n.a.
- [15] Muzzupappa, M.; Rizzuti, S.; "Progettazione concorrente: un'esperienza didattica", In II Seminario Italo-Español, Progettazione e Fattibilità dei Prodotti Industriali, Napoli, 1999, ISBN: 88-9000081-3-X.
- [16] Bigelow D.; "Thinking Pro/ENGINEER: Mastering Design Methodology". Onword Press, 1995. ISBN: 1566900654.
- [17] Manuali Pro/ENGINEER, P.T.C. Inc., 2000. ISBN: n.a.
- [18] Morello L.; D'Aprile F.; "Associative CAD in vehicle development through simultaneous engineering". 5th Conference ATA, Florence 1997. ISBN: n.a.