

## UTILIZACIÓN DE LIBRERÍAS GRÁFICAS EN EL SISTEMA DE DISEÑO ÓPTIMO DE ESTRUCTURAS “DISSENY”

Company Calleja, P. y Martí Montrull, P.(\*)

Dpto. de Tecnología

Universitat Jaume I

Campus de Penyeta Roja. E-12071, CASTELLÓN. Tel: (964) 345678 Email: pcompany@tec.uji.es

### RESUMEN

La representación de información en los sistemas de diseño óptimo de estructuras es un caso particular de la *visualización científica*; entendiendo ésta última en su sentido más amplio. Es, al mismo tiempo, un caso de gran complejidad, por la variedad de representaciones involucradas. Por último, se trata de un tipo de aplicación en la que la implementación de las representaciones gráficas está sometida a continuas migraciones. Dichas migraciones vienen obligadas por la constante aparición de nuevos, y mas potentes, estándares *de facto*, y por el hecho de que en el campo de los sistemas de diseño asistido, no se puede renunciar a las posibilidades de compatibilidad, ni a los nuevos recursos de visualización, que aportan las nuevas librerías.

Para minimizar el coste de estas migraciones en el mantenimiento y desarrollo de sistemas fuertemente condicionados por las técnicas CAD, se propone una estrategia de maximización de la independencia de las aplicaciones respecto a las librerías gráficas. En la comunicación, se describe un modelo del proceso de visualización que permite enfatizar las estrategias a aplicar para conseguir el mayor nivel de independencia posible. Se indica la forma en que dicha estrategia ha sido aplicada en el sistema de diseño óptimo de estructuras DISSENY, que está siendo desarrollado por los autores.

**Palabras clave:** CAD, librerías gráficas, visualización científica.

**Aspectos innovadores:** Integración de todos los gráficos utilizados en el proceso de diseño óptimo. Utilización de nuevos estándares.

### 2. VISUALIZACIÓN CIENTÍFICO-TÉCNICA

El proceso de visualización por ordenador se suele asociar a la automatización del proceso de investigación. Por esta razón se define la *visualización científica* como la disciplina que trata la integración de aplicaciones científicas con gráficos por ordenador [1].

Esta disciplina se crea por la necesidad de gestionar la creciente cantidad de información que la automatización de los procesos de investigación y diseño implican. Esto es así porque dichos procesos pueden generar mucha información a partir de una cantidad relativamente pequeña de datos de entrada. Además, esta información se genera a mayor velocidad de aquella a la que puede ser asimilada de forma cuantitativa; por lo que procede una presentación que permita su estudio cualitativo.

Aunque representaciones tales como la de “datos volumétricos” (campos escalares o vectoriales en tres dimensiones), representación de moléculas de compuestos químicos, etc., son habituales en los trabajos de investigación científica, es cierto que la naturaleza de la “información científica” no es predominantemente geométrica. También es cierto que los potentes preprocesadores interactivos para el modelado y análisis geométrico del diseño *de productos* se desarrollaron de forma independiente y orientados hacia las necesidades de representación gráfica del proceso de diseño. Todo ello contribuyó a convertir los dos casos particulares de la visualización en campos distintos desarrollados y utilizados por distintos colectivos.

Entendemos que es la naturaleza de la información tratada la que da lugar a que aun se mantenga la distinción entre gráficos para investigación y gráficos para diseño. Así, por tradición se asocia

visualización de información-no-geométrica con investigación y modelado geométrico y confección de planos de fabricación con diseño. No obstante, el concepto de visualización es claramente generalizable para abarcar la representación gráfica de todo tipo de información. En [2] se justifica que un sistema de visualización para propósitos científicos o técnicos tiene como objetivo permitir a científicos e ingenieros la observación cualitativa de los resultados de los procesos numéricos realizados por el ordenador, y el control interactivo tanto de los procesos numéricos como los propios procesos de visualización.

Por otra parte, dado que la forma óptima de representación de la información no suele ser conocida de antemano, se hace necesaria la comunicación interactiva (y "amigable") con la máquina para controlar el propio proceso de visualización. Por ello, el proceso de visualización lleva asociado un control interactivo gráfico (GUI, ó Interfase Gráfica de Usuario, según la terminología habitual).

También es importante destacar que el usuario de una herramienta de visualización que responda a las necesidades descritas arriba, dispone de un abanico de posibilidades muy amplio. Para aprovecharlas, es fundamental que tenga los conocimientos teóricos y una amplia experiencia en expresión gráfica (en semántica gráfica, mas concretamente), que le permitan seleccionar directamente la forma mas apropiada para visualizar aquellas informaciones que tengan modos de visualización perfectamente establecidos, o bien buscar soluciones correctas cuando éstas no existan previamente.

Por último, otro aspecto muy importante, es contar con una *gestión de información* muy depurada. La tarea de desarrollar una gestión de información correcta compete al programador de aplicaciones (que es quien mejor conoce la información que aparece en el proceso), y al especialista en ordenadores (que debe conocer las formas de gestión de información que mejor se adapten a las necesidades de los procesos considerados). En principio, por tanto, queda al margen de este aspecto el usuario del sistema. Sin embargo, debemos tener en cuenta que el proceso de visualización interactiva de información, no se puede llevar a cabo si el usuario desconoce la información disponible. En tal caso, simplemente no podrá solicitar que se visualice una información cuya existencia desconoce. Pero, además, un conocimiento superficial de la información almacenada y sus mecanismos de gestión, son insuficientes para alcanzar plenamente el objetivo de la visualización; que no es otro que potenciar la intuición del usuario. En consecuencia, el investigador/diseñador debe conocer la información disponible, y debe estar en condiciones de *interrogar* (o hacer "queries") al sistema, de forma que éste visualice cualquier dato, o cualquier relación entre bloques de información facilitando así la evaluación y la toma de decisiones por parte del usuario.

En resumen, el uso eficiente de la interacción para visualizar información requiere un conocimiento detallado, tanto de la información disponible, como del mecanismo de gestión de la misma. Debe remarcarse, no obstante, que lo que el usuario necesita no es conocer la información realmente manipulada por el ordenador y su gestor, sino tener un *modelo* tanto de la información como del mecanismo para su gestión. Por lo que la tarea fundamental del especialista en ordenadores y del programador de aplicaciones es implementar un sistema que se comporte ante el usuario "como si" éste estuviera interaccionando con el modelo.

### **3. MODELO DEL PROCESO DE VISUALIZACIÓN**

El proceso de visualización se expresa como "una transformación por pasos de información en imágenes" [3]. En primer lugar, la información es convertida en un modelo geométrico. El segundo paso es la representación del modelo geométrico para obtener una imagen. A su vez, en cada uno de estos tres estados, la información puede ser sometida a diferentes tipos de transformaciones.

Aunque el modelo descrito es muy tosco, en él aparecen los componentes básicos de los sistemas de visualización. Estos son:

- a) Niveles de intercambio semántico (es decir, información, modelo geométrico e imagen), y
- b) Módulos para conversión de información.

En la figura 1 se muestra este modelo del proceso de visualización. En dicha figura, los niveles semánticos de la información se han representado por cajas rectangulares y las operaciones de conversión por óvalos.

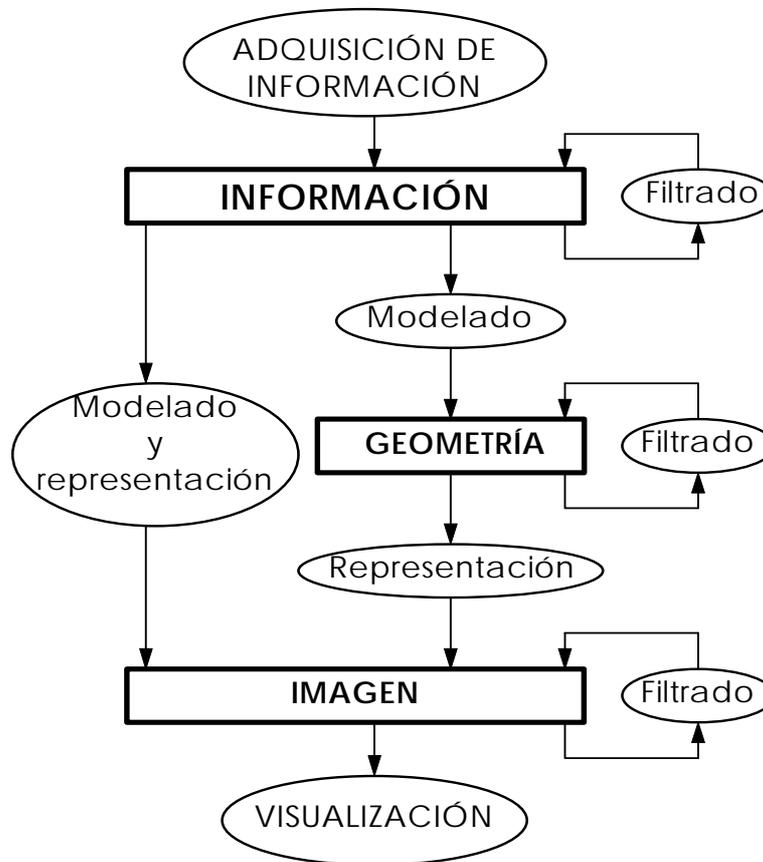


Fig. 1 - Modelo del proceso de visualización.

En la figura 1 se distinguen dos categorías de módulos para conversión de información: filtros y “transformadores”.

- Los filtros convierten la información dentro de un mismo nivel semántico. Ejemplos de filtros son los que eliminan información considerada incorrecta (ruido) y los interpoladores que completan la información almacenada (p.e. la interpolación de valores para determinar la distribución de tensiones en cada elemento finito, a partir de los valores calculados en los nodos del mismo). También son filtros los módulos que modifican los atributos de las unidades de información que componen una imagen.
- Los transformadores convierten la información a un nivel semántico diferente. Por ejemplo, expresando un campo de temperaturas superficiales como un mapa coloreado por regiones (asignando un color a cada una de las regiones definidas por todos los puntos que tengan una temperatura dentro de un cierto rango).

El primer paso del proceso de visualización es el modelado, que es la etapa en la que la infinita complejidad implícita en la información considerada se reduce, de forma arbitraria, para considerar solo un conjunto finito de aspectos, que incluyan aquellas características de la información que mas influyen en el estudio que se pretende realizar, o en el mensaje que se pretende transmitir.

Si la información es la geometría de un objeto, el modelador deberá aproximar el objeto real por un cuerpo o una superficie. Cuando la información considerada no es de naturaleza geométrica, el

modelado es la conversión de la información en una gráfica según las convenciones semánticas descritas por Bertin [4]. Y se debe insistir en que, pese a la intención peyorativa de la designación de éste tipo de representaciones como “gráficos de publicidad”, su uso en las comunidades científica y técnica sigue aumentando.

La segunda parte del proceso de visualización es una transformación, que permite obtener una figura geométrica plana (en dos dimensiones, ó “2D”), a partir del modelo geométrico tridimensional (“3D”):

$$\phi (X,Y,Z)\rightarrow\phi'(x,y) \quad (1)$$

Cuando la naturaleza de la información considerada es geométrica, de todas las posibles transformaciones (1), se elige la *proyección* porque conduce a “imágenes planas” de los objetos [5]. Es decir, que se obtienen figuras planas que, al ser observadas por el ser humano, recuerdan al modelo tridimensional del que proceden. Al decir “recuerdan” se quiere indicar que la observación de tales figuras permite deducir tanto la topología como muchas características geométricas del objeto representado en la imagen dada, usando únicamente la experiencia e intuición de un ser humano, sin preparación específica en las técnicas de la expresión gráfica. No en vano, los estudios sobre proyección fueron impulsados por los tratados sobre perspectiva de los pintores renacentistas. Aunque, lógicamente, dicha intuición puede ser complementada (o sustituida) por un estudio riguroso que permita eludir los errores de interpretación a que en ocasiones conduce.

La diferencia entre “geometría” e “imagen” no solo reside en el paso de tres a dos dimensiones. Otra diferencia muy importante es que la geometría suele describirse a partir de primitivas continuas (segmentos, polígonos, etc.), mientras que la imagen suele expresarse adaptada al funcionamiento *discreto* (píxeles) de muchos periféricos gráficos (pantalla, impresora, etc.).

Debe notarse que los módulos modeladores y representadores son dos casos particulares de transformadores, y que en ciertos casos un único módulo puede llevar a cabo ambas tareas transformando la información en imagen en un solo paso.

El intercambio de datos entre módulos usados para el proceso de visualización está lógicamente controlado por los parámetros de importación/exportación definidos en los propios módulos. Pero, en cualquier caso, los módulos se deben caracterizar por poseer una única entrada y una única salida de información.

Una tabla puede poner rápidamente de manifiesto los niveles semánticos de la información de entrada y salida de los diferentes tipos de módulos:

Tabla 1 - Módulos de conversión de información en el proceso de visualización.

TAREA	MÓDULO	ENTRADA	SALIDA
Adquisición de información	Aplicación genérica Modelador geométrico Scanner	--- --- ---	Información Geometría Imagen
Filtrado	De información Geométricos De imágenes	Información Geometría Imagen	Información Geometría Imagen
Transformación	Modelador Representador Mod.-Representador	Información Geometría Información	Geometría Imagen Imagen

La ventaja de que todos los módulos obedezcan al mismo formato de intercambio es que éstos pueden ser reemplazados, por otros de la misma categoría, sin ningún cambio en la arquitectura del sistema de visualización. El efecto visible del cambio de un módulo en particular puede ser la obtención de una visualización alternativa. Por ejemplo, el uso de un campo de vectores en lugar de un mapa de colores para visualizar un campo de velocidades.

También es importante que los parámetros que permiten controlar las representaciones que realizan diferentes módulos equivalentes sean compatibles a su vez. En éste sentido, los parámetros de un módulo representador típico quedarían clasificados según la distinción entre parámetros de proyección y de escena dada en [5].

La generalización de esta idea nos lleva a considerar el proceso de visualización como un grafo en el que un flujo de información circula a través de diferentes módulos hasta convertirse en imagen. Es decir, que la información es “canalizada” a lo largo de una serie de etapas que acaban convirtiéndola en una imagen. De ahí que el término inglés con el que habitualmente se define este proceso sea “*visualization pipeline*”, o canalización de visualización.

Esta idea queda patente para un usuario de alguno de los sistemas de visualización científica interactiva basados en que el propio usuario realice la programación gráfica de la canalización de visualización a partir de una librería de módulos predefinidos (p.e. Explorer de Silicon Graphics).

#### **4. VISUALIZACIÓN EN SISTEMAS DE DISEÑO ÓPTIMO**

El uso de las librerías gráficas para desarrollar todos los aspectos gráficos de la visualización e interacción con el usuario en los sistemas de diseño por ordenador está muy extendido. Sin embargo, el problema no es trivial por varios motivos. En primer lugar, porque las necesidades de representaciones gráficas en un sistema de diseño son muy distintas en cada una de las tres tareas en las que predomina su uso: preproceso, monitorización de la evolución, y postproceso. Éstas necesidades, que ya fueron tratadas en [6], quedan resumidas en la tabla 2.

Tabla 2. Necesidades gráficas en el proceso de diseño óptimo.

FASE	TAREA GRÁFICA	FINALIDAD
PREPROCESO	EDITAR EL MODELO DE DISEÑO	Definir interactivamente la geometría, las propiedades, los atributos y las solicitudes del modelo
EVOLUCIÓN	“MONITORIZAR” INFORMACIÓN	Visualizar la información del proceso de diseño óptimo para controlar el flujo de ejecución
POSTPROCESO	VISUALIZAR COMPORTAMIENTO	Evaluar los resultados para tomar decisiones (validar o modificar el diseño)

Por otra parte, las librerías gráficas generalmente disponibles tienen dos inconvenientes: en primer lugar están sujetas a una casi constante evolución; en segundo lugar hay una gran dispersión en las tareas que pueden realizar.

Por lo que respecta a la dispersión, baste recordar que por una parte están las librerías de alto nivel; cada una de las cuales suele estar orientada a resolver un tipo específico de representaciones. Por otra parte, las librerías de bajo nivel no tienen una orientación tan específica, pero su empleo requiere mucho esfuerzo de programación.

En cuanto a la evolución de las librerías gráficas, tal como se muestra en la figura 2, los dos objetivos más habituales al hacer una migración son la mejora de las prestaciones y/o la personalización del sistema a la máquina de un cliente. En ambos casos la mejora es posible cuando se da alguna de las siguientes situaciones: la aparición de nuevas máquinas, la adopción de nuevos compiladores y/o el cambio de librería gráfica. Pero debe notarse que dada la dependencia que las librerías gráficas tienen respecto a las máquinas y a los lenguajes de programación, cualquier variación en los mismos suele requerir una adaptación de la librería.

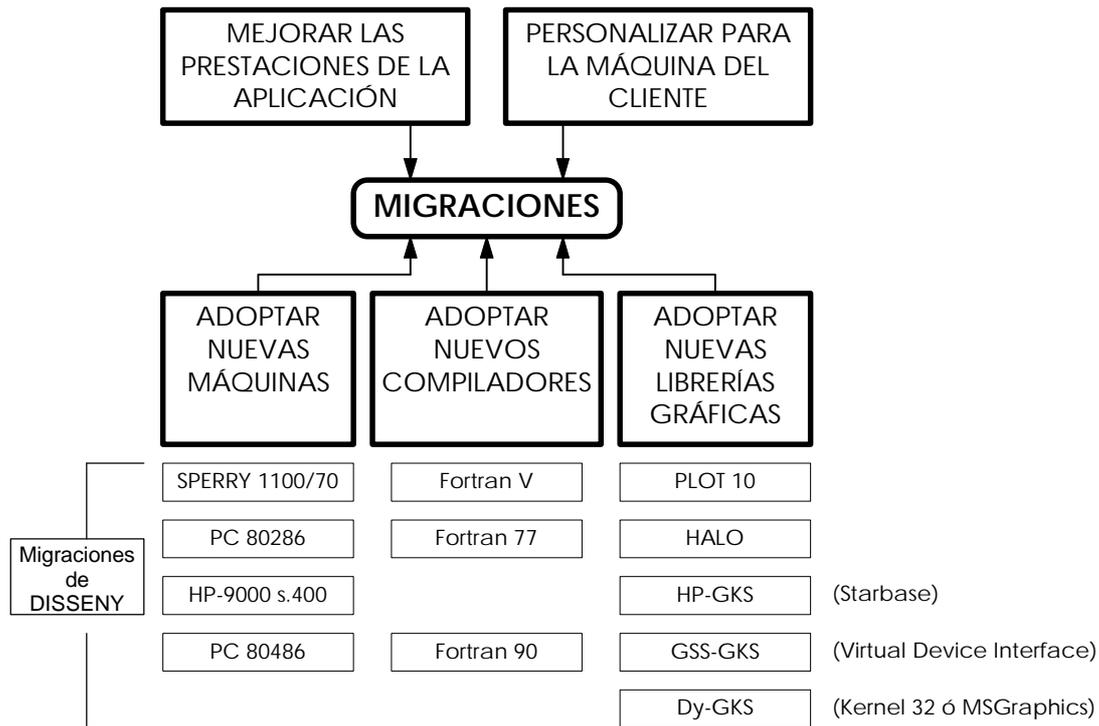


Fig. 2 - Objetivos y causas de las migraciones.  
Migraciones del sistema DISSENY.

Como ejemplo de la abundancia de migraciones, en la parte inferior de la figura 2 se incluye un resumen de las diferentes migraciones que ha sufrido el sistema DISSENY. Una explicación más detallada de las mismas se puede encontrar en [6].

La variedad de tareas que implica un proceso de diseño: preproceso, monitorización del diseño y postproceso hace que la alternativa de utilizar librerías comerciales de lugar a implementaciones caras, dependientes de software y voluminosas. En el extremo opuesto, el desarrollo de librerías propias es muy costoso. Por ello, la solución adoptada en el sistema DISSENY es desarrollar una librería propia de alto nivel (para gestión de menús, visualización de modelos 3D y representación de funciones) basada en una librería de bajo nivel ajena (ver figura 3). Esta solución tiene un costo de desarrollo razonable, dota al sistema de interfaces para una aceptable variedad de periféricos, y simplifica las migraciones de máquina y/o compiladores u otras herramientas lógicas. Como, además la librería de bajo nivel se ha conectado con la librería de alto nivel por medio de una interfase con sintaxis GKS (ver figura 4), se ha obtenido un código legible y robusto que mantiene encapsuladas todas las dependencias de software, simplificando mucho las adaptaciones necesarias para nuevas migraciones.



Fig. 3 - Jerarquía de librerías gráficas.  
Librerías del sistema DISSENY.

Por último, en la figura 5 se muestra una imagen de la pantalla del ordenador durante una sesión de diseño en el sistema DISSENY. Se trata del diseño de forma del agujero central de una placa. La forma inicial del agujero es redonda, y en la imagen se muestra el diseño alcanzado tras unas cuantas iteraciones. De la imagen deben destacarse los diferentes tipos de información visualizados:

- Se visualiza el modelo de análisis al representar la malla de elementos finitos (representación típica de preproceso).
- Se visualiza el comportamiento del diseño obtenido (mapa de tensiones de Von Mises con diferentes tonos de gris para los rangos señalados en la leyenda adjunta al mapa), lo cual es una representación típica de postproceso de análisis.
- También se visualiza la “historia”, o evolución del proceso de diseño óptimo (típicos gráficos de publicidad). Se observa, por ejemplo, como la función objetivo va disminuyendo de forma poco “amortiguada” (siguiendo las oscilaciones de las variables). También se puede observar que dicha función objetivo solo es sensible a una de las variables.
- La GUI del sistema (gestor de menús y gestor de diálogos) se adivina en los diferentes menús desplegados en el momento de tomar la instantánea.

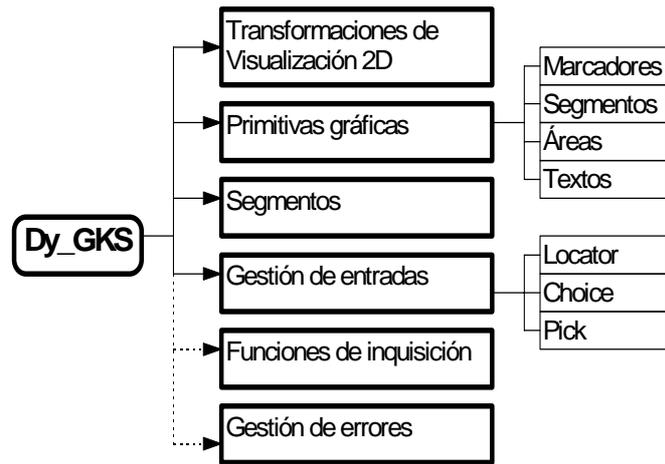


Fig. 4 - Organización de la librería GKS del sistema DISSENY.

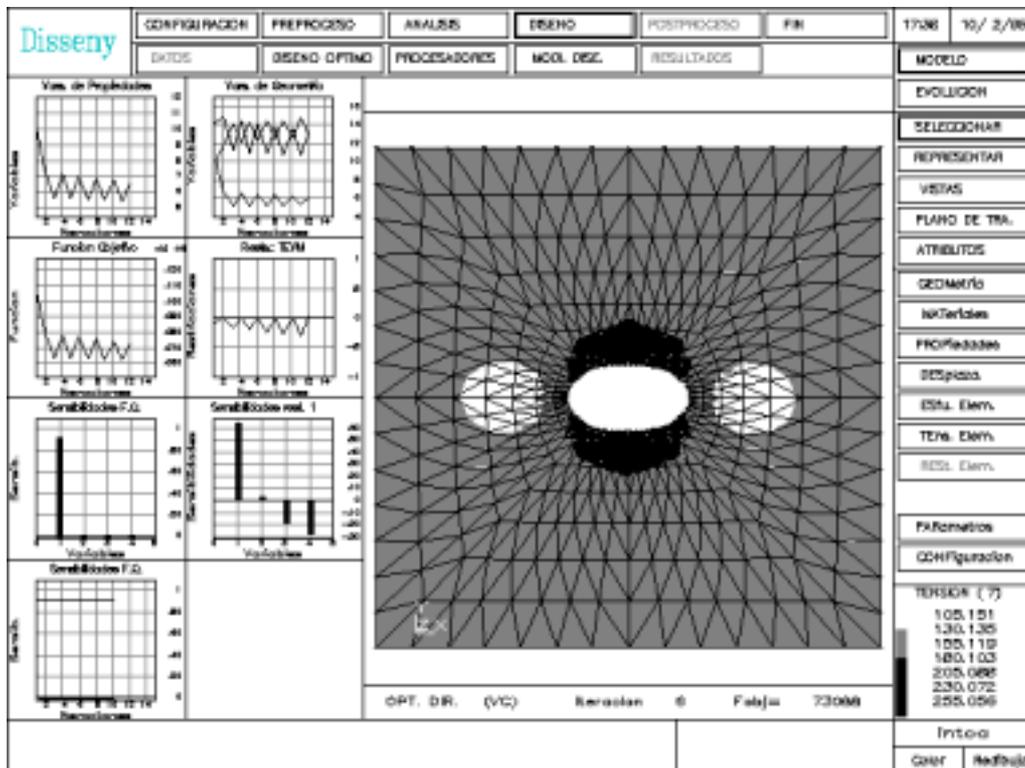


Fig. 5 - Imagen de la pantalla del sistema DISSENY, al final de una sesión de diseño óptimo.

## **5. CONCLUSIONES**

Se ha introducido la concepción mas general de la *visualización asistida por ordenador*, entendida como la disciplina que trata la integración de aplicaciones científico-técnicas con gráficos por ordenador.

Se busca un modelo en el que el proceso de visualización sea un grafo en el cual un flujo de información circula a través de diferentes módulos (intercambiables interactivamente) hasta convertirse en imagen. En el modelo utilizado, el proceso o “conducto” de visualización se expresa como una transformación por pasos de información en imágenes. En este proceso intervienen diferentes módulos para conversión de información. Los módulos definidos se dividen entre:

- Filtros (que convierten la información dentro de un mismo nivel semántico), y
- Transformadores ( que convierten la información a un nivel semántico diferente).

El modelo requiere la unificación de formatos de intercambio de información entre módulos. Pero su adopción supone minimizar los problemas derivados de las migraciones, dado que los módulos pueden ser reemplazados por otros de la misma categoría, sin ningún cambio en la arquitectura del sistema de visualización. Si los parámetros que controlan el funcionamiento de dichos módulos se unifican también, el resultado es que tampoco el modelo del usuario queda alterado con las migraciones; con la consiguiente mejora en la “amigabilidad” y facilidad de uso del sistema.

En definitiva, el objetivo perseguido de maximizar la independencia frente a los cambios de librerías gráficas se consigue definiendo un proceso de visualización perfectamente canalizado, de forma que cualquiera de los módulos que intervienen en el mismo pueda ser reemplazado sin que resulte afectado ni el flujo de la ejecución, ni el modelo que el usuario tiene sobre como se desarrolla dicha aplicación.

## **6. REFERENCIAS**

- [1] **VISUALIZATION IN SCIENTIFIC COMPUTING**  
Grave, M.; Le Lous, Y. and Hewitt, W.T. (Eds.)  
*Ed. Springer Verlag-Eurographics*. ISBN 3-540-56147-1. Berlin, 1994.
- [2] **GRÁFICOS EN INVESTIGACIÓN Y DISEÑO**  
Company, P. y Gomis J.M.  
*Anales de Ingeniería Gráfica*. Vol. 3, num. 2. pp. 27-33 1994.
- [3] **INTERACTIVE SCIENTIFIC VISUALIZATION: ALGORITHMS AND SYSTEMS.**  
Göbel M. and Frühauf M.  
*Eurographics Technical Report Series*, EG92 TN10. 1992.
- [4] **LA GRAPHIQUE ET LE TRAITEMENT GRAPHIQUE DE L'INFORMATION.**  
Bertin, J.  
*Ed. Flammarion*. Paris, 1977.
- [5] **LA PROYECCIÓN EN EL PROCESO DE REPRESENTACIÓN Y EN LOS SISTEMAS DE REPRESENTACIÓN.**  
Gomis J.M. y Company, P.  
*Anales de Ingeniería Gráfica*. Vol. 4, num. 1. 1995 (Pendiente de publicación).
- [6] **PORTABILIDAD DE LOS GRÁFICOS INTERACTIVOS PARA EL DISEÑO DE ESTRUCTURAS EN EL SISTEMA DISSENY.**  
Company, P., Martí, P. y Caiozzo V.  
*Análes de Ingeniería Mecánica*, Año 10, vol. 1, , pp. 645-652. 1.994.

### **NOTA:**

- (\*) Dpto. de Ingeniería Mecánica y Energética  
Universidad de Murcia. E.P.S. Cartagena.  
Paseo Alfonso XIII, 44, E-30203, CARTAGENA. Tel: (968) 505912 Email: pmm@plc.um.es