

APLICACIÓN PRÁCTICA DE MÉTODOS 2D PARA EL MODELADO GEOMÉTRICO 3D

FONT ANDREU, Jordi; HERNÁNDEZ ABAD, Francisco; HERNÁNDEZ ABAD, Vicente;
OCHOA VIVES, Manuel

Universidad Politécnica de Cataluña
Escuela Técnica Superior de Ingenierías Industrial y Aeronáutica de Terrassa
Departamento de Expresión Gráfica en la Ingeniería
e-mail: mochoa@ege.upc.edu

RESUMEN

Se presenta el resultado de la metodología empleada en la docencia de la geometría descriptiva y en la aplicación de sus contenidos en las prácticas de CAD 2D y CAD 3D, propuestos en la titulación de aeronáuticos de la Escuela Técnica Superior de Ingenierías Industrial y Aeronáutica (ETSEIAT) de Terrassa.

Con el propósito de favorecer el desarrollo de las habilidades y el razonamiento en la aplicación de los contenidos teóricos propios del área, se ha propuesto un tipo de enunciados que requieren el uso del diseño asistido en tres dimensiones y al mismo tiempo la necesidad de pensar y emplear métodos utilizados en el trazado en dos dimensiones. La combinación de métodos de trazado empleados en doble proyección y los métodos de construcción 3D, ha producido unos resultados que favorecen y estimulan el estudio de conceptos teóricos.

El estudiante se da cuenta de que el dominio de las herramientas por sí solo no le resuelve el problema y esta situación favorece la necesidad de recurrir al estudio de la geometría métrica y del espacio.

Se muestran enunciados prácticos y sus soluciones, así como los conceptos que intervienen y su aplicación en CAD 2D y CAD 3D.

Palabras clave: Geometría descriptiva, Métodos del sistema diédrico, modelado geométrico en CAD 3D.

ABSTRACT

We present the results of the methodology used to teach descriptive geometry subjects and to apply the knowledge acquired in these subjects in 2D and 3D CAD practicals in the Degree in Aeronautics of the School of Industrial and Aeronautical Engineering of Terrassa (ETSEIAT).

In order to promote the development of students' skills and reasoning in applying the theoretical content of the subject, the problems proposed are of a type that requires students to use three-dimensional computer-assisted design whilst thinking in terms of two-dimensional design and applying two-dimensional methods. Combining 2D and 3D design methods has shown good results that favour and stimulate the acquisition of theoretical knowledge.

Students' realisation that simply mastering the tools will be not enough to solve the problems they encounter encourages them to study metric and spatial geometry.

Practical problems and their solutions are shown, together with the concepts needed to solve them and examples of their application in 2D and 3D CAD.

Key words: Descriptive geometry, dihedral methods, geometric modelling in 3D CAD.

1. Introducción

Teniendo en cuenta que en los programas de CAD 3D el modelado geométrico en el espacio está vinculado a su representación plana y viceversa, se han propuesto ejercicios en los que el estudiante encuentra el enunciado planteado con los datos gráficos expresados en proyecciones diédricas o axonométricas, y mediante los métodos del sistema diédrico, debe obtener las dimensiones del modelo a realizar en 3D y generar la geometría para, posteriormente, realizar el plano de la pieza propuesta. Esta propuesta implica el estudio, comprensión y aplicación de los temas siguientes: Proyecciones ortogonales y vistas normalizadas. Representación de piezas por sus vistas diédricas. Empleo de giros, abatimientos y cambio de plano.

2. Paso del diédrico al 3D

Enunciado 1

Realizar el modelado 3D de la pieza a partir de las vistas diédricas facilitadas, Fig. 1.

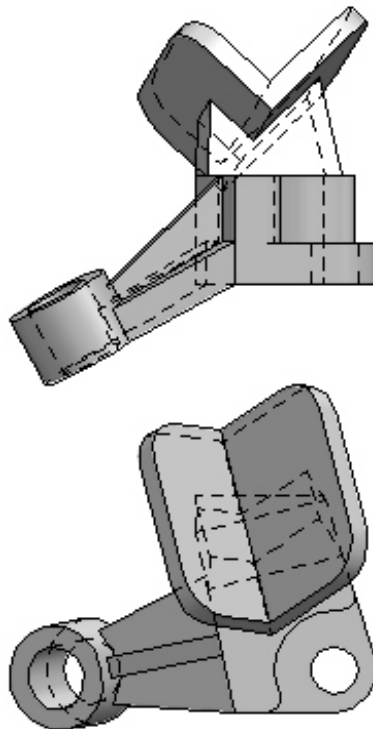


Figura 1

Comentario a la solución

Para realizar el modelado tridimensional de la pieza es necesario disponer de todos los datos del objeto y es evidente que las vistas diédricas facilitadas no muestran todas las dimensiones lineales y angulares que se precisan, por tratarse de una representación incompleta. Sin embargo toda la información necesaria esta contenida en las vistas facilitadas y podrá hacerse aflorar utilizando los métodos del sistema diédrico.

De esta manera antes de abordar el modelado 3D hay que completar la representación del objeto con las vistas auxiliares necesarias que muestren la verdadera magnitud de las dimensiones y formas así como los ángulos necesarios.

En la figura 2, se puede observar la representación parcial de las vistas auxiliares necesarias, así como la acotación de las dimensiones que han ocasionado su determinación. El resto de dimensiones ya están en verdadera magnitud en las vistas principales, o será necesaria la realización de pequeños procesos para su obtención.

Hay que mencionar que existen otros juegos de vistas auxiliares que también pueden dar solución al problema, pero en cualquier caso su representación se basará en los mismos principios, el cambio de los planos de proyección dirigidos por los elementos del plano convenientemente escogidos para ello, normalmente rectas horizontales o frontales del plano.

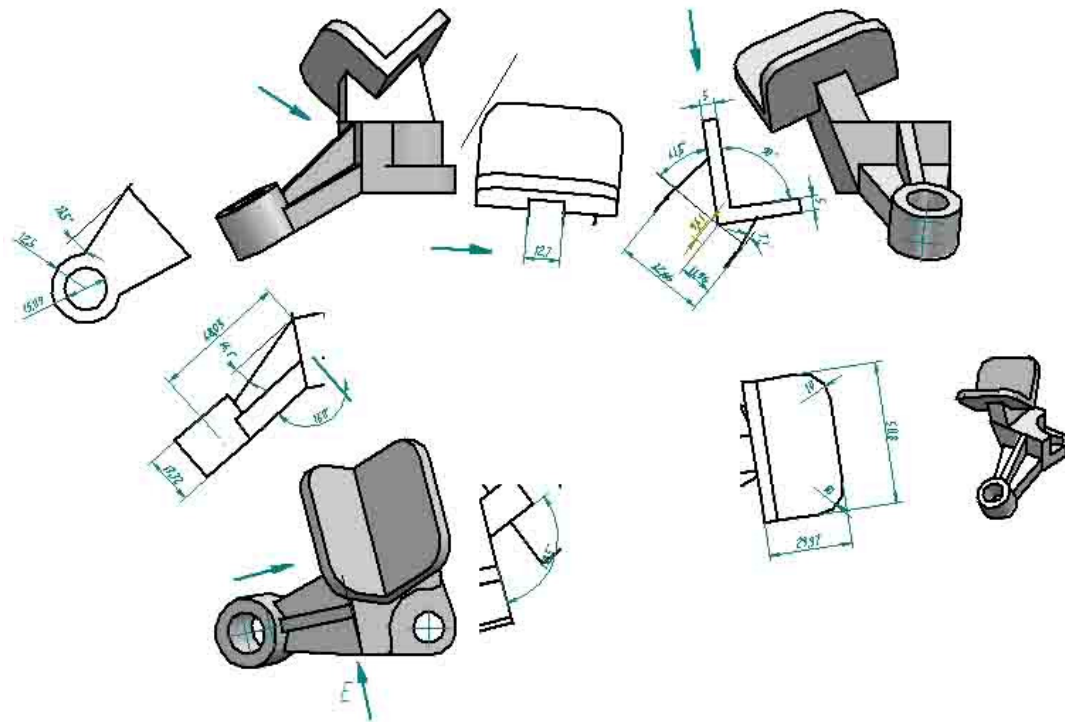


Figura 2

Solucionado el problema de la determinación de todas las dimensiones necesarias, se podrá iniciar el proceso de modelado 3D. Básicamente, consistirá en ir generando los planos necesarios en la posición espacial correspondiente donde dibujar los bocetos bidimensionales que se convertirán en superficies o sólidos al aplicarles las extrusiones y vaciados convenientes, obteniéndose el resultado que puede observarse en la figura 3.

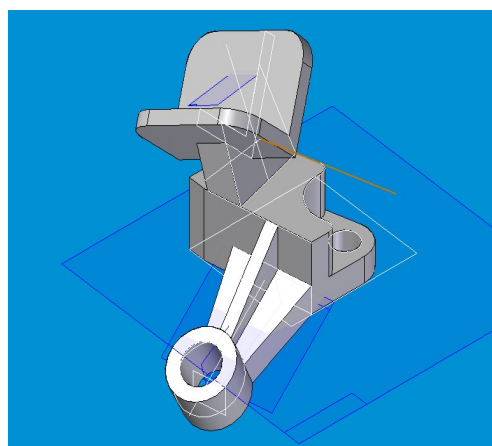


Figura 3.

En la tabla siguiente se indican los conceptos de utilidad práctica empleados en la resolución del enunciado:

CONTENIDOS	CAD 2D Módulo 2D	CAD 3D Módulo 3D
Sistema diédrico de representación: vistas normalizadas... Representación y características de los planos: interpretación y lectura de formas. Verdaderas magnitudes y amplitudes.	Módulo plano 2D: En las vistas diédricas facilitadas, análisis de datos: identificación de las dimensiones disponibles y las que habrán de determinarse.	
Definición de planos. Rectas notables del plano y su utilización. Perpendicularidad: Recta-plano. Plano-plano. Ángulos entre planos.	Determinación y utilización de las rectas notables del plano para definir los planos de proyección auxiliares.	Rectas notables (utilizadas como trazas), condiciones de perpendicularidad y ángulos para la generación de los planos en el espacio tridimensional.
Métodos para la obtención verdaderas magnitudes y especialmente las proyecciones auxiliares.	Obtención de las vistas auxiliares necesarias. Identificación y acotación de verdaderas magnitudes y amplitudes en las proyecciones auxiliares determinadas.	
Sistemas de representación y en especial perspectivas. Generalidades sobre el trazado bidimensional: tangencias, lugares geométricos, simetría, etc.	Trazado de las formas en verdadera magnitud en los planos espaciales generados	Generación de planos en posición espacial determinada en función de datos obtenidos
Características de la generación y representación de cuerpos y superficies (especialmente la revolución y el barrido a partir de formas bidimensionales). Descomposición de cuerpos complejos en volúmenes simples. Posición relativa de los cuerpos especialmente la tangencia y la intersección. Visibilidad.		A partir de los bocetos generados aplicar los comandos de modelado: Protusión, por revolución, por barrido, por secciones.

Enunciado 2

Dados el prisma, la esfera y el punto de la figura 4, Determinar el lugar geométrico definido por todos los centros de todas las esferas tangentes al prisma y tangentes exteriores a la esfera, que pasen por el punto facilitado.

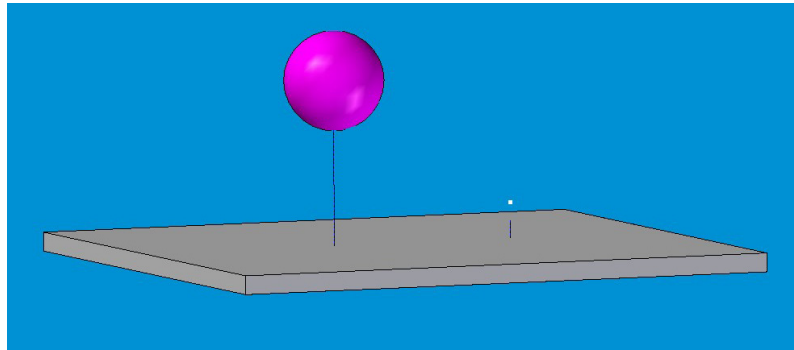


Figura. 4

Comentario a la solución

El lugar geométrico solicitado estará formado por todos los puntos del espacio que pueden actuar como centro de esferas que cumplan las condiciones expuestas en el enunciado, lo que implica la existencia de un centro de esfera de radio mínimo a partir del cual el resto de radios estarán en progresión hacia el infinito, lo que implica que el lugar geométrico será abierto, por ello es conveniente limitar su determinación al entorno próximo de los datos facilitados. Igualmente se deduce la existencia de dos esferas iguales, salvo la de radio mínimo, por lo que se deduce la simetría del lugar geométrico pretendido.

Podemos obtener el mencionado lugar geométrico como la línea de intersección entre dos superficies, a su vez lugares geométricos, definidos a partir de la selección dos a dos de entre los tres datos de partida, lo que supone cierta posibilidad de selección.

De esta manera el lugar geométrico de todos los centros de todas las esferas tangentes a la cara correspondiente del prisma y tangentes exteriores a la esfera, será un hiperboloide, obtenido a partir de la revolución de un ramal de hipérbola definido como curva equidistante entre los elementos mencionados. El eje de revolución de la superficie tendrá la dirección del eje real de la hipérbola, es decir será la recta perpendicular a la cara del prisma que pasa por el centro de la esfera dato.

Otro lugar geométrico puede ser el definido por todos los centros de todas las esferas tangentes a la cara de la superficie prismática considerada y que pasen por el punto facilitado, obteniéndose un paraboloides a partir de la revolución de una parábola definida como curva equidistante entre la cara del prisma y el punto facilitado. El eje de la parábola será también el eje para la revolución de la superficie.

El problema es abordable tanto desde el 3D como desde el 2D de manera que los conceptos utilizados serán los mismos y los trazados 2D de los elementos constitutivos también. Particularmente presentan ventajas la determinación de intersecciones implementadas mediante comandos en los programas de diseño en 3D.

En la figura 5 se aprecia la solución del enunciado 2 desde diferentes posiciones.

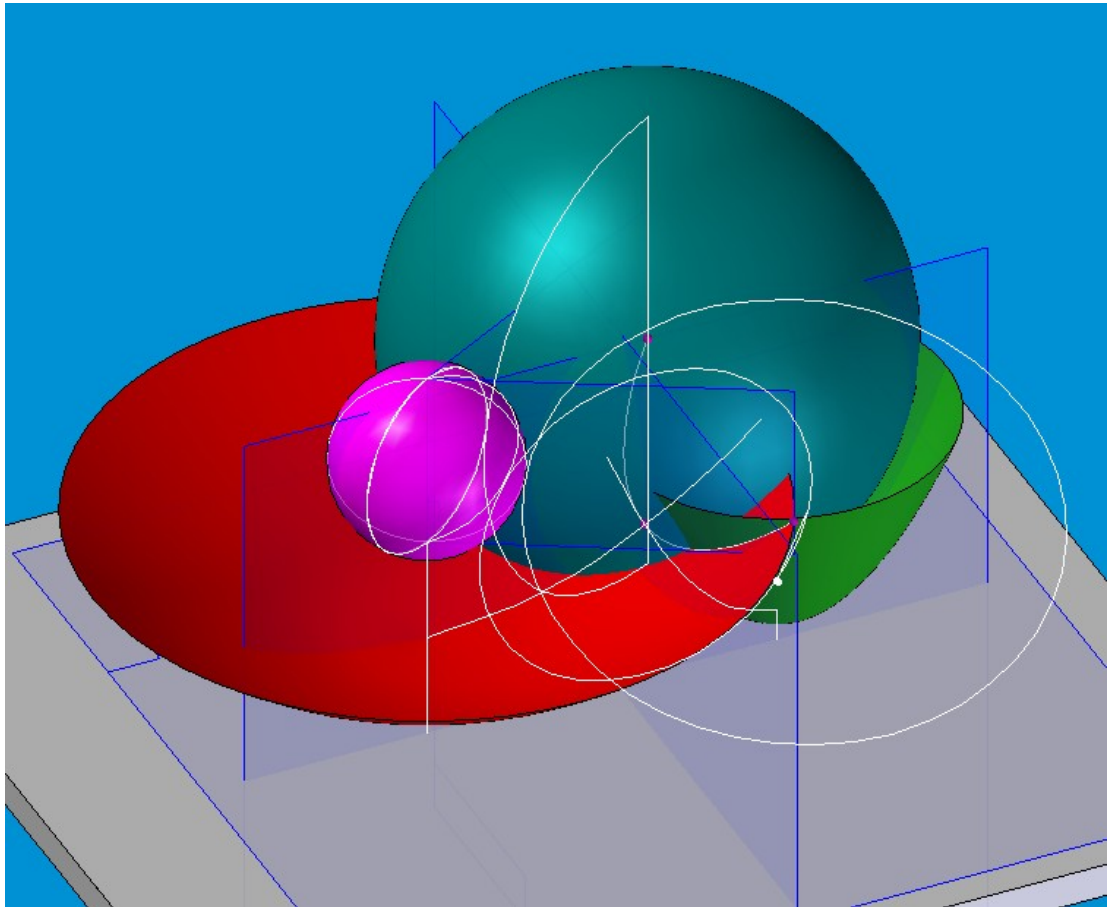
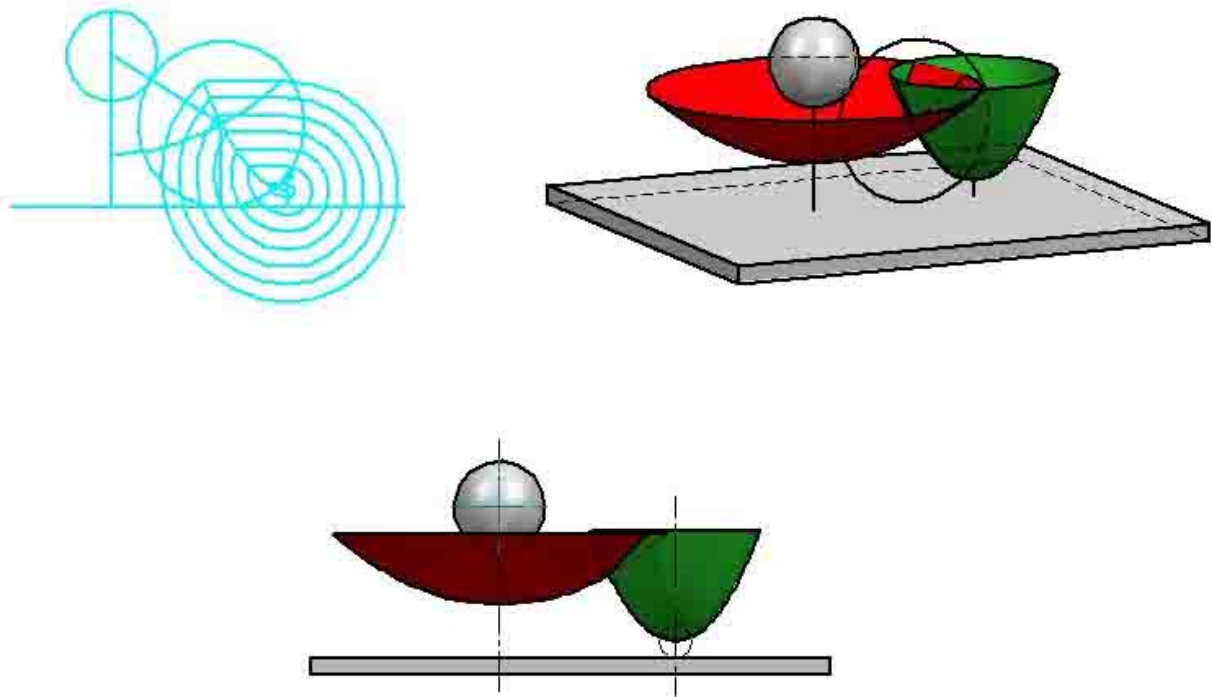


Figura 5

Contenidos	CAD 2D Módulo 2D	CAD 3D Módulo 3D
Sistema de representación. Definición planos y representación. Perpendicularidad rectas planos. Trazado de curvas equidistantes. Curvas cónicas. Métodos verdaderas magnitudes planos	Representar las vistas diédricas de alzado y planta del modelo 3D. 1 LG: Definir plano α frontal que contenga los centros de las esferas y sea perpendicular a cara prisma. Verdadera magnitud del plano proyectante α . Trazado de la hipérbola. Proceso: determinación por lugares geométricos	Módulo pieza: 1 LG: Plano α cualquiera perpendicular a cara del prisma y que pasa por centro esfera dato. Boceto en plano α : trazado del ramal de hipérbola correspondiente.
Características generación y representación superficies. Visibilidad	Representación hiperboloide	Superficie de revolución: Hiperboloide, a partir del boceto anterior.
Sistema de representación. Definición planos y representación. Perpendicularidad rectas planos. Trazado de curvas equidistantes. Curvas cónicas. Métodos verdaderas magnitudes planos	2 LG: Definir plano β frontal que pase por el punto facilitado y perpendicular a cara prisma. Verdadera magnitud del plano proyectante β . Trazado de la parábola. Proceso: determinación por lugares geométricos	2 LG: Plano β cualquiera perpendicular a cara del prisma y que pasa por punto dado. Boceto en plano β : trazado parábola correspondiente.
Características generación y representación superficies. Visibilidad	Representación parabloide (contorno aparente y elementos constitutivos)	Superficie de revolución: Parabloide, a partir del boceto anterior.
Intersección superficies de revolución, no regladas (de doble curvatura).	Determinación línea alabeada Intersección hiperboloide y parabloide: Método superficies auxiliares.	Intersección hiperboloide y parabloide
Tangencias entre circunferencias.	Posibilidad de incluir una esfera solución de ejemplo, implicaría determinar puntos de tangencia	Posibilidad de incluir una esfera solución de ejemplo, implicaría determinar puntos de tangencia

Enunciado 3

Determinar y construir en 3D la esfera tangente a la parte esférica de los tres puntales de la pieza dada, sabiendo que su centro equidista 75 mm. de la base. Considerar como base el plano de intersección con la parte cilíndrica de los puntales, Fig. 6.

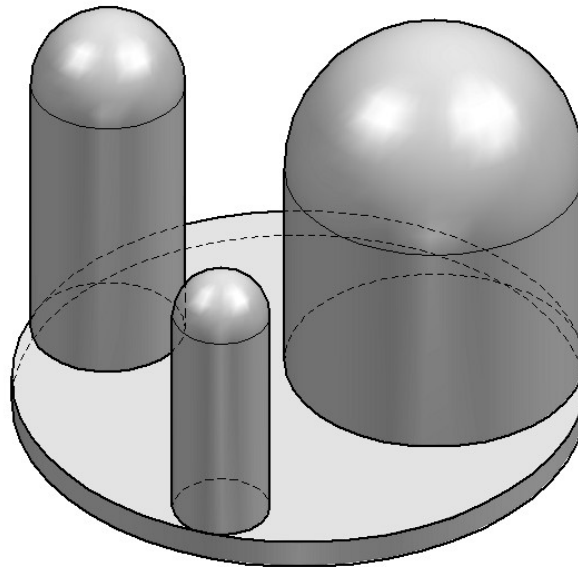


Figura 6

Comentario a la solución

Es posible determinar el centro de la superficie esférica solicitada por intersección de tres elementos:

1. El lugar geométrico (LG) definido por todos los centros de todas las esferas tangentes a dos de los puntales.
2. El lugar geométrico de todos los centros de todas las esferas tangentes a otros dos puntales (uno de ellos será común a ambos lugares geométricos).
3. El lugar geométrico de todos los centros de todas las esferas de radio 75 mm. tangentes al plano de la base definido en el enunciado.

Los dos primeros lugares geométricos descritos se materializan en sendos hiperboloides, definidos como sigue:

- En cualquier plano α que pase por los centros definidos por la parte esférica de cada uno de los dos puntales seleccionados, produciendo dos circunferencias.
- En el plano α , los ramales de hipérbolas definidos a partir de los puntos a igual distancia mínima a las dos circunferencias.
- Como eje de revolución de las hipérbolas, se tomará la recta que une los centros, contenida asimismo en el plano α

El tercer elemento es un plano equidistante a 75 mm. de la base.

El problema es abordable directamente modelando en 3D, Fig. 7, siendo imprescindible el trazado del boceto sobre el plano α correspondiente a la definición de las superficies descritas. La Fig. 8 muestra una solución 2D. En la figura 9 se muestran todos los pasos para la resolución del problema en 3D.

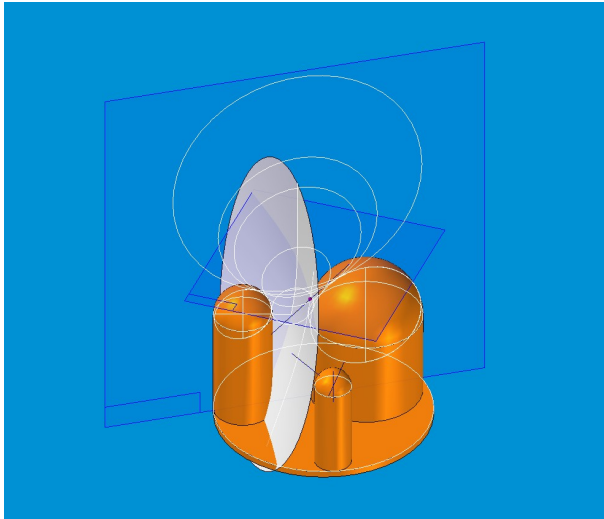


Figura 7

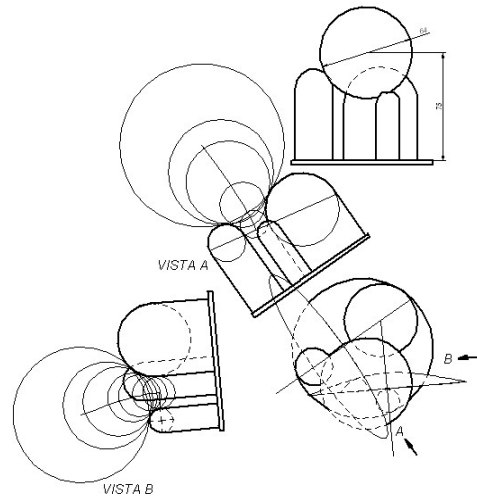


Figura 8.

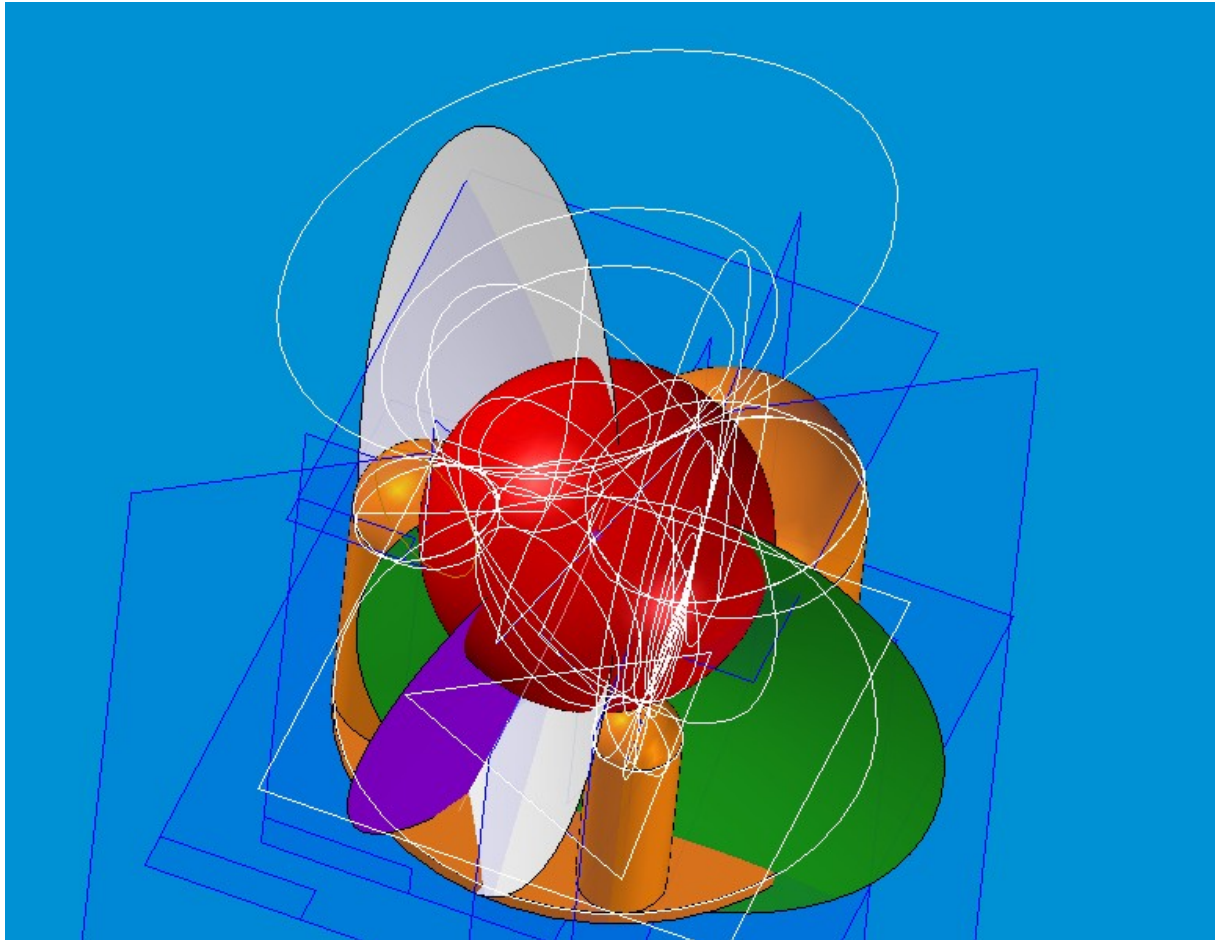


Figura 9.

Contenidos	CAD 2D Módulo 2D	CAD 3D Módulo 3D
Conceptos generales de representación. Representación planos proyectantes.	Representar las vistas diédricas de alzado y planta del modelo 3D. Para el primer LG: Definir plano α proyectante vertical que pase por los centros de 2 puntales.	Se parte del modelo 3D. Primer LG: Definir plano α que contenga 2 centros puntales seleccionados.
Determinación verdaderas magnitudes. Proyecciones auxiliares.	Determinar verdadera magnitud del plano proyectante α . Proyección auxiliar	Boceto ¹ en plano α para trazar hipérbolas: 1. Incluir ² contornos de los puntales. 2. Trazar los lugares geométricos por los centros de las circunferencias tangentes
Intersección esfera plano. Determinación curvas equidistantes. Tangencias entre circunferencias.	Determinar trazado de la hipérbola. Proceso: determinación por lugares geométricos	Comando superficie revolución hipérbola, de eje recta de centros
Superficies. Representación hiperboloideas.	Representar hiperboloide, solo es necesario en planta y proyección auxiliar.	Para el segundo LG: Repetir los tres pasos anteriores para obtener la otra hipérbola.
	Para el segundo LG: Repetir los pasos anteriores para obtener la otra hipérbola	Hallar la curva alabeada de intersección entre las dos hipérbolas.
Intersección superficies de revolución, no regladas (de doble curvatura).	Hallar la curva alabeada de intersección entre las dos hipérbolas. Planos paralelos y perpendiculares a uno de los ejes de las hipérbolas.	Para el tercer LG: Determinar el plano paralelo a 75 mm. de la base.
Intersección recta plano proyectante	Hallar el punto de intersección entre la curva alabeada y el plano α . Método intersección recta plano. El punto es el centro de la esfera solución.	Solicitar, mediante la opción intersección, el punto de intersección entre la curva alabeada y el plano α . El punto es el centro de la esfera solución.
Determinación verdaderas magnitudes. Proyecciones auxiliares. Tangencias entre circunferencias.	Para determinar los puntos de tangencia entre la esfera solución y los puntales. Método: nuevos planos que contengan el centro hallado y el centro de cada puntal.	Para determinar los puntos de tangencia entre la esfera solución y los puntales, se incluye en el plano de referencia el proceso realizado con anterioridad y se trazan los puntos buscados

¹ Boceto: Opción que permite el trazado bidimensional en el plano activo de la geometría del modelo.

² Incluir: Opción de copiar los elementos del espacio en el plano de referencia activo.

3. PASO DEL AXONOMÉTRICO AL 3D

Enunciado 4

Modelar en 3D la pieza de la figura 10 de la que se facilita su perspectiva axonométrica.

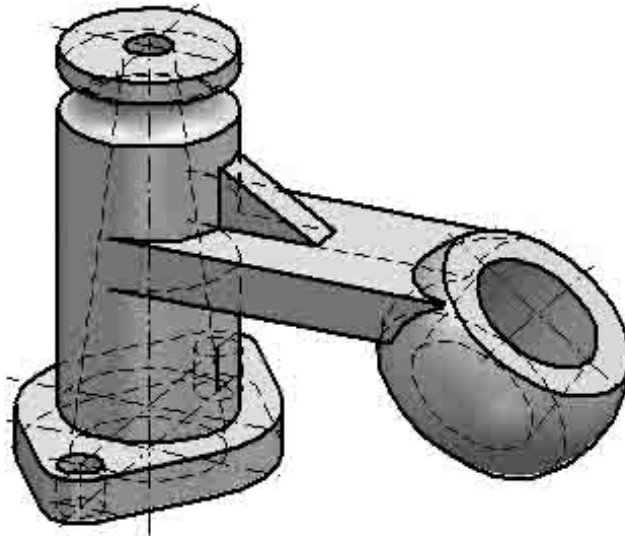


Figura 10

Comentario a la solución

La correspondencia biunívoca entre el objeto real y su representación no está resuelta solo con la perspectiva facilitada, sería necesario recurrir a los sistemas de representación. Sin embargo con la ayuda de las líneas ocultas y a partir de una serie de suposiciones que previamente el profesor deberá aclarar, como la perpendicularidad entre los ejes principales de la perspectiva, si será posible abordar el problema.

Así pues, una vez más, para realizar el modelado tridimensional, será necesario conocer todos los datos del objeto para lo que habrá que recurrir a los métodos descriptivos concretados en construcciones bidimensionales sobre la propia perspectiva o utilizando sus características.

Lo primero será identificar el tipo de perspectiva axonométrica de que se trata y averiguar los coeficientes de reducción de las direcciones principales dado que cualquier punto podrá ser referido en el espacio mediante sus tres coordenadas y por lo tanto averiguar cualquier dimensión. Lógicamente para las formas del objeto contenidas en los planos axonométricos principales, siempre se podrán realizar los abatimientos correspondientes para obtener su verdadera magnitud de forma conjunta facilitando el trabajo.

En el caso de los elementos cilíndricos de revolución, será posible medir directamente en verdadera magnitud su diámetro con tan solo trazar un segmento perpendicular al eje.

En la figura 11 se observa la construcción necesaria para la determinación de los coeficientes de reducción de las direcciones principales, por el método de los ángulos de pendiente. También se pueden observar otros trazados complementarios destinados a ejercitar aspectos concretos que el profesor haya considerado proponer, como la determinación de la verdadera magnitud de una distancia entre dos puntos cualquiera de la pieza, o el cálculo de los ejes principales de la elipse correspondiente al agujero en el plano no paralelo a los planos axonométricos principales.

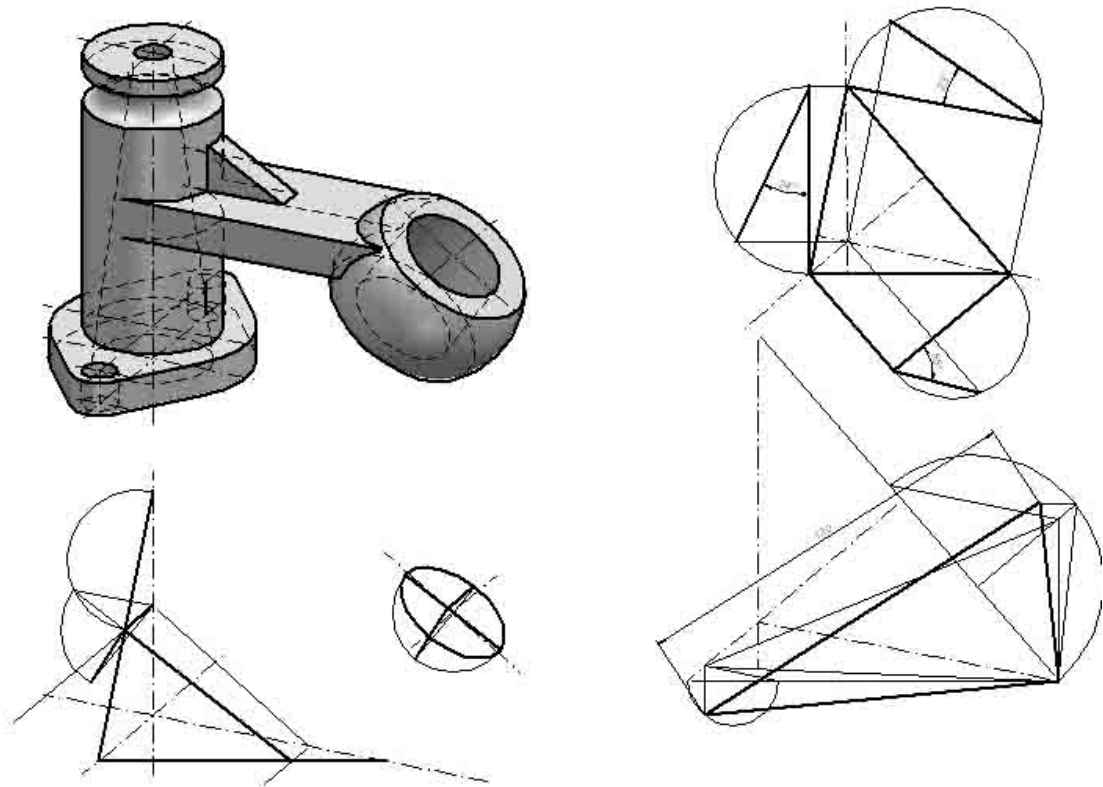


Figura 11

Elaboradas las herramientas gráficas que nos permiten conocer todas las dimensiones y ángulos del objeto, es posible abordar su modelado tridimensional, siguiendo un proceso similar a los ya descritos en prácticas anteriores. El resultado final puede apreciarse en la figura 12.

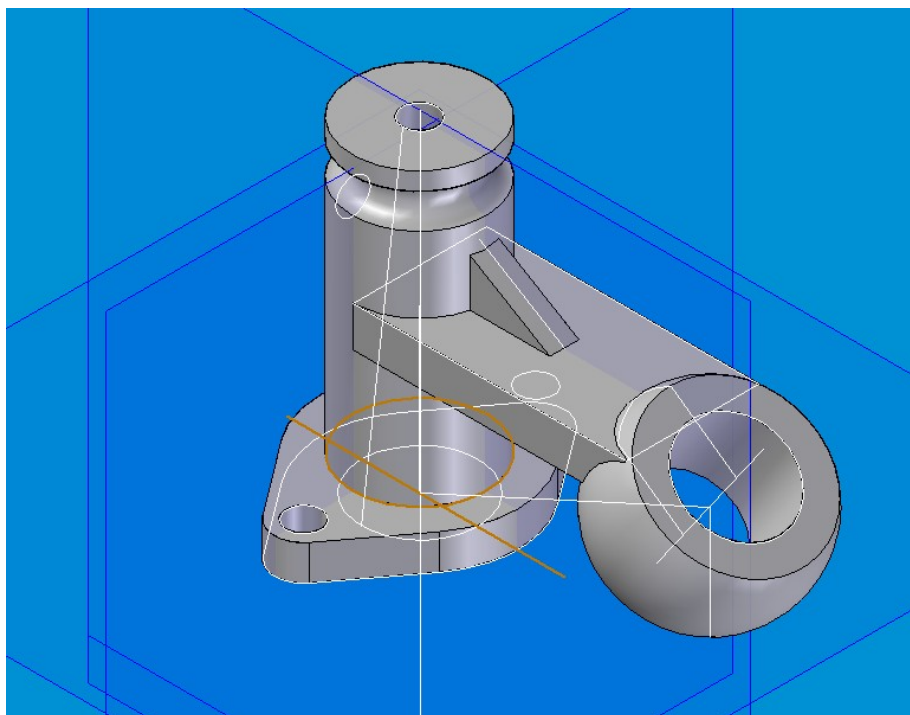


Figura 12

Contenidos	CAD 2D Módulo 2D	CAD 3D Módulo 3D
Sistema axonométrico de representación y perspectiva axonométrica. Coeficientes de reducción y métodos de obtención.	Sobre la perspectiva facilitada, trazado para el cálculo de los coeficientes de reducción de las direcciones principales: método ángulos de pendiente	
Verdaderas magnitudes y amplitudes. Definición y representación de planos en sistema axonométrico. Intersección de planos entre si y con el plano del cuadro. Abatimiento de planos sobre plano del cuadro	Determinación distancias en verdadera magnitud: método doble abatimiento, afinidad...	Rectas notables (utilizadas como trazas), condiciones de perpendicularidad y ángulos para la generación de los planos en el espacio tridimensional.
Curvas cónicas: ejes principales y conjugados elipse.	Determinación ejes principales elipse: método abatimiento.	
Generales para el trazado de formas: Lugares geométricos, tangencias, arco capaz.	Trazado de las formas en verdadera magnitud en los planos espaciales generados	Generación de planos en posición espacial determinada en función de datos obtenidos
Características generación y representación de cuerpos y superficies. Descomposición cuerpos complejos en volúmenes simples. Posición relativa entre cuerpos. Visibilidad.		A partir de los bocetos generado aplicar los comandos de modelado: Protusión, por revolución, por barrido, por secciones.

4. Conclusiones

- Para abordar el problema del modelado tridimensional es necesario disponer de todos los datos del objeto y, en ocasiones, sólo se disponen de forma parcial, por ello resulta imprescindible el conocimiento de los conceptos necesarios que nos permitan analizar e identificar cada caso concreto para aplicar los trazados de los métodos descriptivos que nos permitan recuperarlos o restituirlos.
- Aún con todos los datos del objeto disponibles el modelado tridimensional también precisa de los conceptos y trazados tanto de la geometría plana como la espacial, así como el conocimiento de los cuerpos, superficies y sus interrelaciones.
- En la práctica del modelado geométrico 3D se emplean planos sobre los que se opera para obtener datos y determinar posiciones de los elementos que posteriormente se utilizarán para la generación de cuerpos o superficies.
- Para la generación de planos utilizando las opciones: Coincidente, paralelo, oblicuo, perpendicular, coincidente por eje, perpendicular a curva y plano por tres puntos, se requiere aplicar los conceptos de: definición de planos, intersección recta plano, intersección de plano con plano, posiciones entre planos y planos proyectantes.
- Para la resolución de enunciados de modelos geométricos en 3D es necesario aplicar conocimientos de generación de superficies y sólidos.

Referencias y bibliografía

- ALONSO ARROYO, J. A. *Ejercicios de geometría descriptiva en sistema diédrico*. Madrid: Ed. Gráficas Juma, 1997. ISBN 84-605-6243-3
- CORBELLA BARRIOS, D. *Técnicas de representación geométrica*. Madrid: Ed. Gráficas Don Bosco, 1993. ISBN 84-604-7495-X
- CORBELLA BARRIOS, Daniel. *Sistema diédrico. Fundamentos y representaciones*. Dibujo Técnico 2. Edición del autor. Madrid 1983
- NIETO OÑATE, M. ARRIBAS GONZÁLEZ, J; REBOTO RODRÍGUEZ, E. *Representación de superficies: Aplicación al dibujo técnico*. Valladolid: Ed. Universidad de Valladolid, 1999. ISBN 84-7762-983-8
- PRIETO ALBERCA, M; SONDESA FREIRE, M.D. *Problemas básicos de la geometría del diseño*. Madrid: Ed. Juma, 1995. ISBN 84-920381-0-1
- PRIETO ALBERCA, M. *Fundamentos geométricos del diseño en ingeniería*. Madrid. Ed. Juma, 1992. ISBN 84-88467-00-1
- RENDÓN GÓMEZ, A. *Geometría paso a paso: Elementos de geometría métrica y sus aplicaciones en arte, ingeniería y construcción*. Volumen I. Madrid: Ed. Tébar, 2000. ISBN 84-95447-08-8
- RENDÓN GÓMEZ, A. *Geometría paso a paso: Geometría proyectiva y sistemas de representación*. Volumen II. Parte 1ª. Madrid: Ed. Tébar, 2001. ISBN 84-95447-22-3
- LORCA HERNANDO, P. J; MERINO EGEA, M; RECIO DÍAZ, M. M; OCAÑA LÓPEZ, R; VICARIO LÓPEZ, J. *Sustitución de las herramientas tradicionales de dibujo por el CAD en las asignaturas de expresión gráfica*. Experiencia docente. Sevilla. 2005 Actas del Congreso XVII. Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica.
- VICARIO LÓPEZ, J; OCAÑA LÓPEZ, R; MERINO EGEA, M; RECIO DÍAZ, M. M; LORCA HERNANDO, P. J. *Dibujo tridimensional: ¿Un nuevo enfoque de la geometría descriptiva?* Sevilla. 2005 Actas del Congreso XVII. Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica.
- ALONSO RODRÍGUEZ, J. A.; TRONCOSO SARACHO, J. C; PÉREZ COTA, M; GONZÁLEZ CEPÓN, J. L. *Usabilidad de las herramientas CAD. Consideraciones sobre el uso de los programas de CAD en la docencia del Dibujo Técnico*. Sevilla. 2005 Actas del Congreso XVII. Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica.