

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

**APORTACIÓN AL ESTUDIO DEL
SOFTWARE NECESARIO PARA LA
INFORMATIZACIÓN DE LOS
MÉTODOS DE APRENDIZAJE DE LAS
TÉCNICAS DE EXPRESIÓN GRÁFICA, Y
SU POSTERIOR IMPLEMENTACIÓN**

Autor: Miquel Castillo i Ballardà
Director: Jordi Mestres i Sardà

1988

LOS SISTEMAS DE REPRESENTACION.

Introducción.

Hemos visto que, a través de las distintas culturas, el hombre se ha planteado la representación de la realidad que tiene tres dimensiones (3D), en superficies planas que tienen dos dimensiones (2D). Para ello se han tenido que "crear" una serie de convenciones, mediante las cuales se podía interpretar lo que se pretendía representar. La aparición de la Microinformática representa una nueva herramienta en ayuda de esa representación, pues pese a su sofisticación, el problema sigue radicando en transponer 3D en la superficie de una pantalla que es 2D. En cierta forma la pantalla hace el papel de la tableta de barro usada en Mesopotamia o del papel de croquizar más actual. El objeto de esta tesis no es reproducir exactamente la mecánica del dibujo en 2D, sino ver de que forma se pueden usar las características analíticas de la nueva herramienta, estudiando, comparativamente, los instrumentos lógicos que se han tenido que crear para resolver algunos problemas en los Sistemas de Representación, que podemos llamar tradicionales, e intentar prever su sustitución o adaptación, así como analizar la posible creación de nuevas ideas al respecto.

(Nos moveremos en el **segmento** de los ordenadores personales, para fijarnos un límite y hablando de los compatibles, que son aquellos que se encuentran

Capítulo 1.

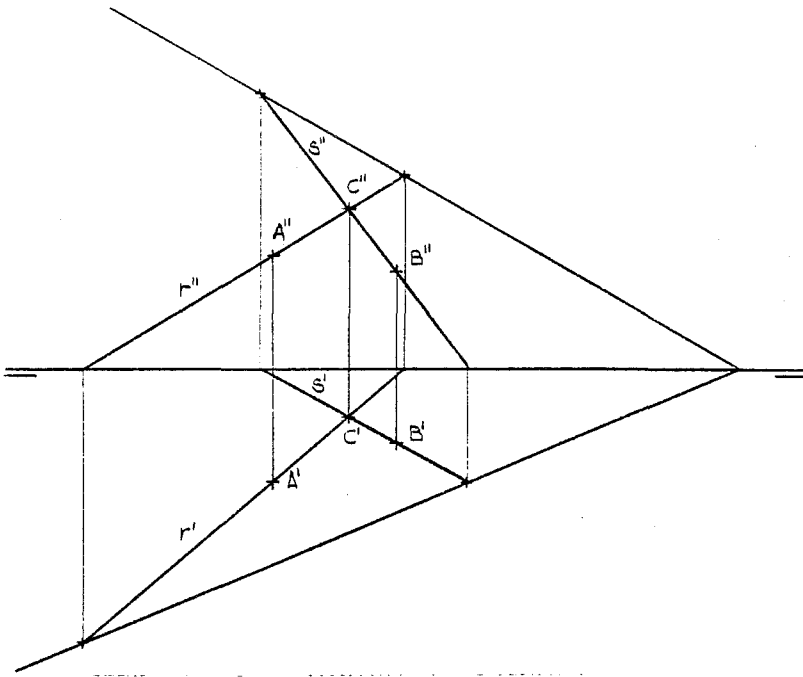
entre el PC, el XT y el AT. Consideraremos, asimismo, a dicho ordenador como algo independiente y autosuficiente, no estudiando por tanto, su faceta de terminal de un ordenador de segmento superior. La próxima aparición, Abril de 1987, de ordenadores basados en el chip 80386, aconsejan hacer la puntualización que acabo de realizar, pues traspasarán la frontera entre los microordenadores y los miniordenadores, con una aplicación específica prevista de trabajo en el área del CAD/CAM.)

Un ejemplo de lo dicho anteriormente puede encontrarse en la representación de un plano en la forma tradicional. Vamos a suponer que escogemos como sistema de representación el Sistema Diédrico, y que el plano nos viene definido por tres puntos no alineados. Tenemos toda una teorización al respecto que nos da la seguridad de que tres puntos no alineados nos definen un plano y tenemos la necesidad de materializarlo, ya sea para operar con él o sencillamente para tener constancia de su existencia; debemos a Monge el concepto de traza, como hemos visto en el apartado histórico, que no es más que el resultado de materializar las intersecciones, rectas, de dicho plano con los de proyección. El resultado es muy gráfico pues nos permite ver físicamente el plano en cuestión. ¿Será ésta la solución que usaremos en la Microinformática Gráfica?. La respuesta no es sencilla, el proceso de trabajo de un ordenador es analítico y lo que podemos almacenar de este plano son las tres coordenadas de los puntos. Dichos puntos, una vez seleccionados por nosotros, nos de-

Capítulo 1.

finen un plano del que obtenemos y guardamos su ecuación. Una vez que tenemos dicha ecuación ya depende de nuestra voluntad o interés intersecar o no dicho plano con los de proyección. Puede quedar como una opción de trabajo destacada, esto es: cuando se diseña el menú de un programa se hace una lista de las operaciones previstas sin prejuzgar lo que hará un usuario, pero algunas, aunque puedan ser ejecutadas mediante dicho menú, se destacan como opción aislada. (Un ejemplo de ello lo encontramos en la orden ZOOM que tienen los programas de dibujo asistido por ordenador, en todos ellos existe la opción que nos permiten variar la ventana de la pantalla de forma que el dibujo nos quede encuadrado perfectamente; pues bien algunos creadores de software, conscientes de la efectividad comercial de dicha orden, la presentan como una opción aparte además de encontrarse en la orden ZOOM como es tradicional. Ver los programas AutoCAD y CADKEY, éste último usa la opción doble que he comentado). Podemos, pues además de tener en el menú la opción INTERSECCION DE PLANOS, tener la opción TRAZAS DE UN PLANO, aunque en el fondo sea la misma operación pero ya programada de una determinada forma.

Tanto en la forma tradicional como en la informática, pues, un plano nos queda determinado por tres puntos, y tanto en un caso como en el otro no siempre materializaremos dicho plano, sino en caso necesario. Recordemos las operaciones a realizar para definir un plano α que nos viene determinado por los puntos A, B y C:



Siguiendo con el ejemplo propuesto, tanto si decidimos encontrar la ecuación del plano como sino, el plano no queda materializado como teníamos en la opción clásica, queda en cambio la posibilidad de la consulta en cualquier momento, de cualquier información sobre dicho plano, tal como ángulos con los planos de proyección, coordenadas del punto de intersección con una recta dada, pendiente del mismo, area proyectada y real de un polígono situado en él, etc. El plano al que además hemos dado un nombre, está perfectamente definido, eso sí, analíticamente. Esta opción es muy interesante pues nos permite usar un sistema coloquial de razonamiento que es, de hecho, el que se usa normalmente.

Debe quedar claro que lo que aparezca en pantalla no es más que la representación a medida de

Capitulo 1.

lo que tenemos dentro de la memoria del ordenador. Igual que nosotros usamos unos lenguajes de alto nivel que nos traducen nuestras expresiones cuasi-inglesas en lenguaje máquina, el ordenador nos puede devolver su información analítica o gráficamente según nos convenga; él lo tendrá almacenado en binario igualmente. Se trata pues de un problema de diálogo. Esto no quiere decir que haya que llegar a la modificación manual de los bits, sino que nos quedaremos en el estadio de los lenguajes, y el problema a tratar será la forma en que se almacena y manipula la información y la posterior extracción de la nueva información generada.

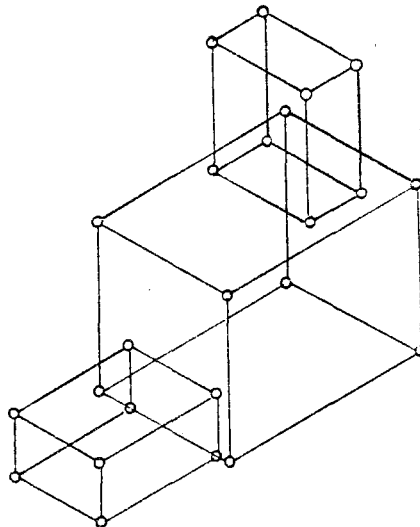
Limites del estudio.

Se pretende la creación de cuerpos poliédricos de una forma interactiva que nos permita definirlos a partir de conceptos geométricos. Conviene definir claramente la frase anterior: una forma de definir cuerpos poliédricos informáticamente, es hacer un croquis previo, incluso con el mismo ordenador, y de este croquis obtener las coordenadas de los distintos vértices del cuerpo; a continuación se entran estas coordenadas de una forma determinada y el cuerpo nos ha quedado definido y ya podemos hacer con él giros, cambios de punto de vista, etc., siempre y cuando se cumplan las condiciones de Euler que exige que el número de caras más el de vértices sea igual al número de aristas más dos (1). En esta definición del cuerpo no han intervenido, o no muy claramente, conceptos geométricos tales como: ángulos entre caras, inclinación respecto a los planos de referencia, ángulos entre

Capítulo 1.

aristas, etc.. Lógicamente todos estos problemas pueden haberse resuelto en papel aparte y posteriormente trasladar las coordenadas de los vértices del cuerpo obtenido a la memoria del ordenador, pero no se han resuelto todas las operaciones de las que se ocupa la Geometría Descriptiva de una forma interactiva, que es lo que pretendemos.

Es habitual que el modelo que se cree sea de los llamados de alambre. Veamos que significa este concepto: Sólo se almacenan del cuerpo definido, las coordenadas de los vértices, y en ningún caso tres de estos vértices definen el plano de una cara. Quiere esto decir que el cuarto vértice de una cara no está obligado, analíticamente, a cumplir la ecuación del plano formado por los otros tres. Esta es una simplificación muy grande, excesiva para nuestros intereses, pues omite el problema de las intersecciones planas de poliedros, y dificulta el ir formando un cuerpo añadiendo sucesivas "piezas" sobre determinadas caras, ya que no podemos imponer que nuestro cursor de selección se encuentre sobre un plano determinado.



Capítulo 1.

Existe otra posibilidad de crear cuerpos poliédricos que es la de trabajar con una base de datos gráficas, en la que se encuentran almacenados una serie, lo más amplia posible, de formas geométricas, llamadas primitivas, con ayuda de las cuales se puede resolver el problema de crear un cuerpo.

En principio la primera posibilidad queda descartada como solución del problema que nos planteamos, no así la segunda dado que en algunas ocasiones, como veremos más adelante, se pueden usar las bases de datos gráficas, pues todo depende de la cantidad de primitivas previstas.

Una de las bases de datos más usual es el G.K.S. (Graphic Kernel System), escrita en FORTRAN, de la que más adelante nos ocuparemos, cuando hagamos el estudio de algunos de los programas existentes. Basándose en el G.K.S., están contruidos los programas B.D.G. (Base de Dades Gráficas) y su posterior actualización DILOS, ambos paquetes están realizados por el Departament de Mètodes Informàtics de la Escola Tècnica d'Enginyers Industrials de Barcelona. Quizás su estudio sale un poco de los límites autoimpuestos de esta tesis, dado que están realizados con ordenadores no personales. Su comentario aquí viene justificado por algunos de los conceptos geométricos de diálogo que considero muy interesantes y que, desgraciadamente, los programas comerciales desdeñan.

Sistemas de Representación Usados.

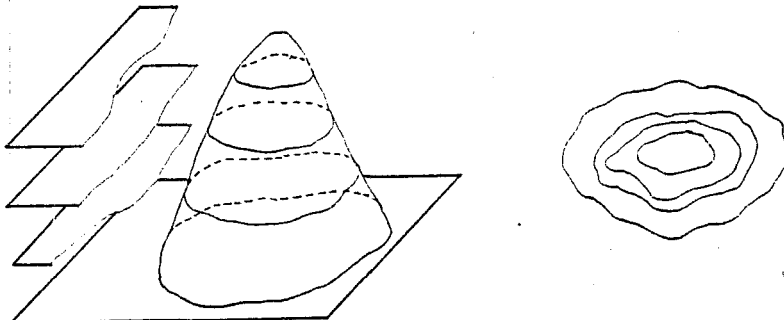
Aceptando que los más usuales sistemas de representación son: Acotado, Diédrico, Axonométrico y Cónico o Central, vamos a ver de ellos cuales van a ser los mas idóneos para su utilización en la Microinformática Gráfica.

Sistema Acotado.

El sistema acotado resuelve el problema de representar 3D en 2D, mediante la proyección perpendicular a un plano de la figura a representar y el problema de representar los distintos niveles de profundidad o altura se soluciona mediante números (cotas) que nos dan la idea de ella.

Dadas las características de los cuerpos poliédricos que se quieren representar, no es muy conveniente usar este sistema de representación.

Existe, en Informática, el tema de las resolución de los problemas de las curvas de nivel, para la representación gráfica de terrenos. Problema apasionante, motivo de varias tesis, algunas de ellas en curso de realización actualmente.



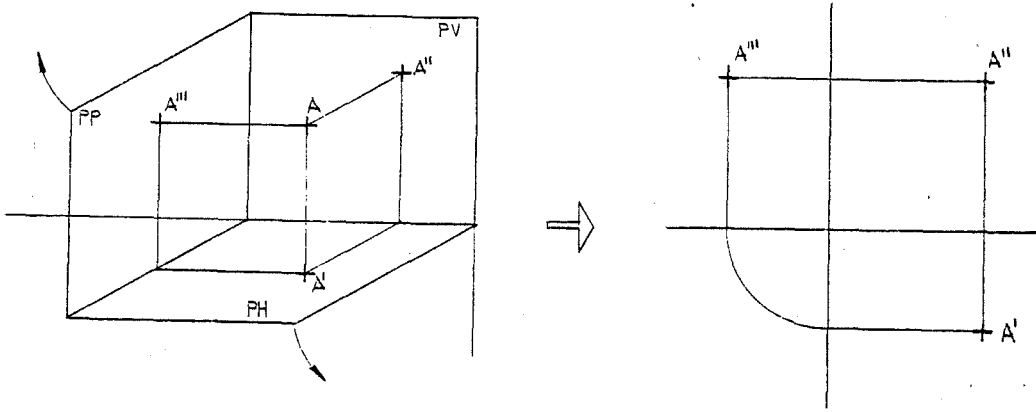
Sistema Diédrico.

Este es el sistema más tradicional de la Geometría Descriptiva. Quizás la palabra tradicional no responda al espíritu de la afirmación, sino que lo que pretendo decir es que, aparte del sistema acotado que está destinado a usos muy concretos, el diédrico es el sistema más usado, hasta el momento, para la resolución gráfica en la Geometría Descriptiva, pese a la dificultad de su interpretación.

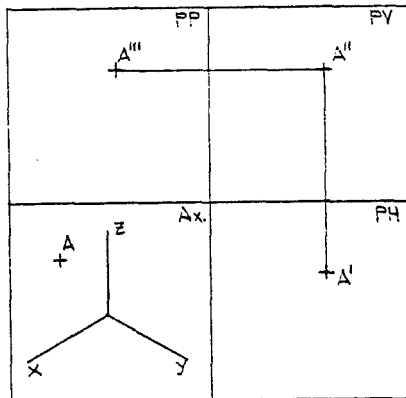
No sólo el Sistema Diédrico es usado en la resolución de los problemas, sino que también lo es en la presentación de los trabajos, pese, insisto, a la dificultad de interpretación para los no iniciados.

Se basa en la proyección del cuerpo a representar sobre tres planos perpendiculares entre sí, lo que da lugar a tres proyecciones, planta, alzado y perfil, del mismo relacionadas entre sí, al ser dibujadas sobre el mismo plano del dibujo, colocando el plano vertical sobre dicho plano y girando el horizontal y el de perfil alrededor de sus rectas de intersección con aquel del modo que se indica en la figura. La operatividad sobre estas proyecciones es grande y relativamente sencilla.

Capitulo 1.

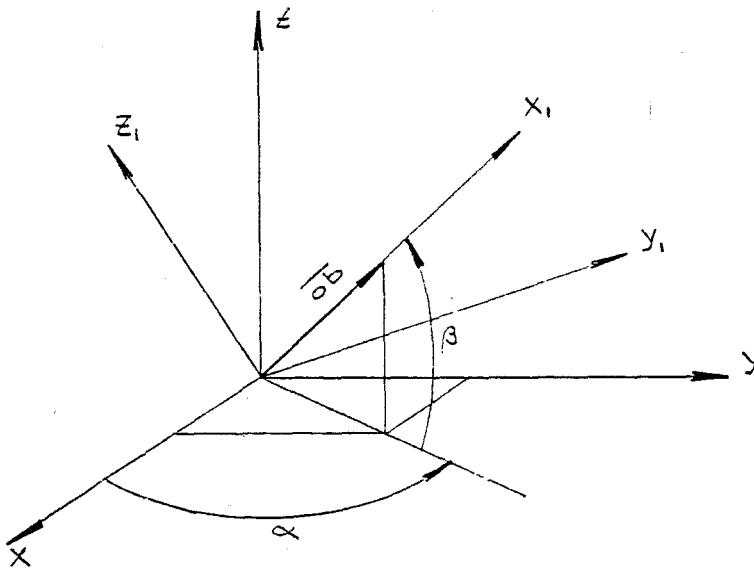


Aunque, en principio, este sistema pueda no parecer el idóneo para trabajar desde un ordenador, sobre todo por sus continuos cambios de plano y construcciones auxiliares, no se puede descartar su uso, sobre todo en la fase de definición del cuerpo. Es una imagen que no hay que despreciar la posibilidad de poder ir entrando datos sobre una pantalla dividida en tres zonas, como mínimo, relacionadas analíticamente entre si, de forma que vayamos viendo a la vez la construcción del cuerpo en sus tres vistas a la vez. Pedagógicamente puede ser un instrumento muy valioso.



Sistemas Axonométrico y Cónico.

Aunque pueda parecer no muy correcto el estudio conjunto de los sistemas Axonométrico y Cónico, en este caso es posible, ya que se considera que la diferencia entre ellos radica en la proximidad o lejanía del observador. La proyección paralela (axonométrico) se asocia a que el observador se encuentra en el infinito, y la cónica al observador a una distancia cuantificable y no muy grande. Vamos por esto a hablar, en principio, del sistema axonométrico como el más general de los dos (luego veremos que también podemos considerar el axonométrico como el caso más general de diédrico).



En la figura tenemos dos pares de ejes trirrectángulos: x_1, y_1, z_1 asociados al cuerpo que queremos representar y x, y, z que serán los ejes sobre los que lo proyectaremos.

Capitulo 1.

Para pasar de unos a otros haremos dos giros, uno alrededor del eje z, de amplitud β y otro alrededor del eje x, de amplitud α .

El primer giro vendrá representado por la matriz:

$$\begin{vmatrix} \cos \beta & 0 & \text{sen } \beta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\text{sen } \beta & 0 & \cos \beta \end{vmatrix}$$

y el segundo por:

$$\begin{vmatrix} \cos \alpha & \text{sen } \alpha & 0 \\ -\text{sen } \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

Por lo tanto un punto del espacio de coordenadas x,y,z, nos vendrá representado en pantalla por las coordenadas X_p, Y_p , mediante la aplicación de esos dos giros, según las expresiones siguientes:

$$\begin{vmatrix} - \\ X_p \\ Y_p \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \cos \beta & 0 & \text{sen } \beta & \cos \alpha & \text{sen } \alpha & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -\text{sen } \alpha & \cos \alpha & 0 \\ -\text{sen } \beta & 0 & \cos \beta & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} x \\ y \\ z \end{vmatrix}$$

llamando, para simplificar:

$$A = \text{sen } \beta$$

$$B = \cos \beta$$

$$C = \text{sen } \alpha$$

$$D = \cos \alpha$$

nos quedan las expresiones de transformación de coordenadas:

Capítulo 1.

$$X_p = -C.x + D.y$$

$$Y_p = -A.D.X - A.C.y + B.z$$

(Ver el Apéndice C, para un estudio más pormenorizado de la obtención de las coordenadas de pantalla a partir de las espaciales).

Estas expresiones son las que nos dan la relación entre un cuerpo del espacio y su proyección ortogonal sobre la pantalla del ordenador.

Otro sistema de proyección.

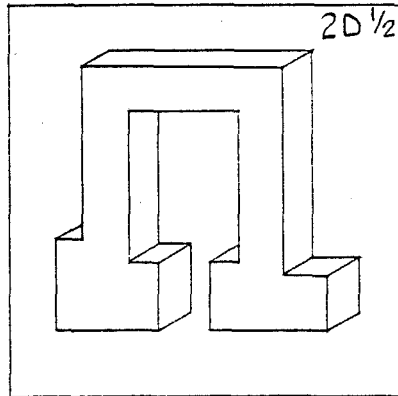
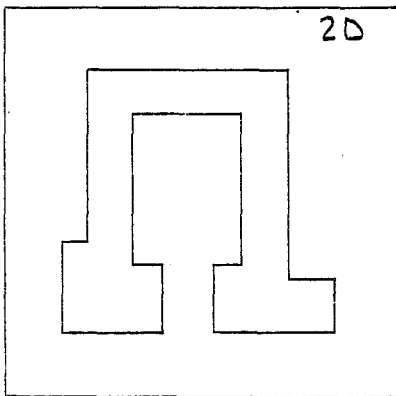
Existe un sistema de representación que podemos considerar original de la Microinformática, que recibe el nombre de 2 1/2 D. Consiste en el diseño de prismas por "barrido" (sweep en el argot), conjugando las dos dimensiones y la representación espacial.

Primeramente se diseña, en 2D, el polígono de la cara que será base del prisma, (cuando digo prisma no quiero presuponer que no pueda haber partes curvadas, como arcos, o círculos, que luego darán lugar a cilindros; aunque dichos círculos serán, de hecho, polígonos de gran número de lados para dar la ilusión óptica necesaria. Sigo usando, por tanto, la expresión prisma), que puede ser todo lo compleja que se quiera.

A continuación se da el grosor que ha de tener el prisma completo y por "barrido" tenemos el prisma, que generalmente es de modelo de alambre. Cumpliéndose en este caso, como hemos dicho

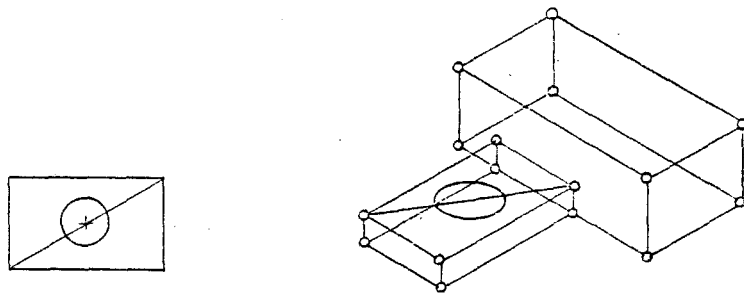
anteriormente, que tanto las nuevas caras como la cara usada como origen del cuerpo, no tienen consistencia volumétrica, por lo que al intentar incidencias con rectas o planos no darán intersección o sección.

El cuerpo diseñado en $2\frac{1}{2}$ D, caso de no ser de alambre, puede ser completado con el añadido de nuevas partes, pudiendo alcanzar grandes complejidades. En este periodo de "completación", de hecho, se entra ya en el terreno de las bases de datos gráficas, pues lo que se hace es escoger una de las caras definidas, o la original, y sobre ella se definen, lógicamente en 2D, la base del cuerpo a añadir que adquiere volumen con un nuevo sweep. El sentido del sweep, nos permite practicar agujeros en el prisma original.



Capítulo 1.

Si el modelo es de alambre también se pueden introducir agujeros y otros prismas en las caras del prisma, teniendo en cuenta que tenemos almacenadas en memoria las tres coordenadas de cada uno de los vértices de aquél; y por lo tanto las aristas que se definen uniendo dos vértices de igual z , por poner un ejemplo, estarán "definidas" en ese plano aunque eso no conste en ningún registro de memoria. Supongamos que queremos realizar un agujero centrado en la cara superior del prisma de la figura:



podemos trazar una línea auxiliar para encontrar el centro de la cara que nos interesa. Aunque no tengamos almacenados los niveles como planos, podemos situarnos en puntos de una z determinada y uniéndolos obtenemos un segmento a esta cota z , del cual podemos encontrar el punto medio, que sea el centro de la circunferencia deseado. Como es lógico este

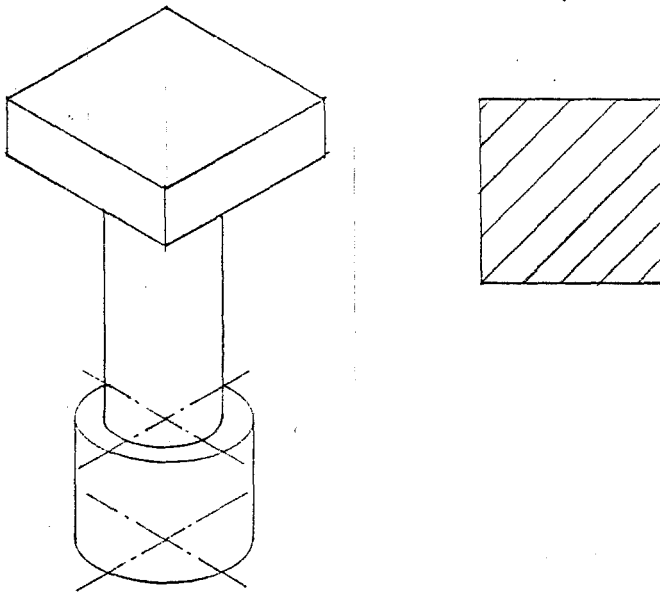
sistema no es válido cuando queremos trabajar con planos no singulares, como en el caso de la figura, horizontales, verticales, etc.

La creación de cilindros mediante sweep es problemática. Ya hemos dicho más arriba que una circunferencia suele asociarse a un polígono de gran número de lados, cuando realizamos un sweep cada vértice del polígono genera una arista del prisma, que en este caso será una generatriz. Si seguimos rigurosamente el proceso nos quedarán dibujadas tan gran número de generatrices que nos ensuciarán el dibujo. Limitando el número de lados del polígono que simula la circunferencia, se limpia el dibujo pero pierde imagen la circunferencia. Es necesario llegar a un nivel de compromiso. Lo ideal sería que se dibujara solamente el contorno aparente, pero esto parece algo difícil de conseguir. Algunos paquetes comerciales dan infinitos puntos al polígono simulador de la circunferencia y a cambio solo dibujan una de las generatrices del cilindro, dejando la opción de que el usuario simule posteriormente el contorno aparente.

La aplicación de 2 1/2 D, nos restringe el área de trabajo, pues el cuerpo a diseñar debe cumplir unas características determinadas, como pueden ser poseer variantes interesantes en UNA sola cara. Normalmente, se suele poner como ejemplo de objetos diseñables con 2 1/2 D, los aparatos de radio, pues en su cara frontal tienen el dial, botones, etc., y el resto es irrelevante.

Observaciones.

En el anterior comentario de las 2 1/2 D, en el caso del modelo no de alambre, ha aparecido un concepto que se repetirá muy a menudo: el trabajo sobre una cara de un poliedro.



Si estuviéramos trabajando en el Sistema Diédrico, que es el que escojo siempre como referencia de sistema tradicional, deberíamos hacer un abatimiento de la cara en cuestión, para tener en nuestro papel la verdadera magnitud de la cara, y sobre ella haríamos los cálculos gráficos pertinentes. Cuando trabajamos con el ordenador el proceso es diferente. Mediante el cursor, punto físico variable por el operador definido por la intersección de dos segmentos, identificamos la cara en donde debemos trabajar, por ejemplo señalando, aproximadamente, su centro de gravedad (c.d.g.).

Una vez identificada la cara, la escena cambia radicalmente, antes ocupaba la pantalla un cuerpo poliédrico, ahora la ocupa un polígono.

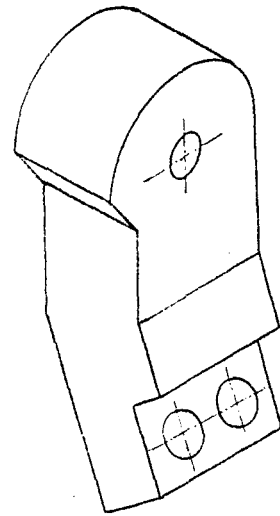
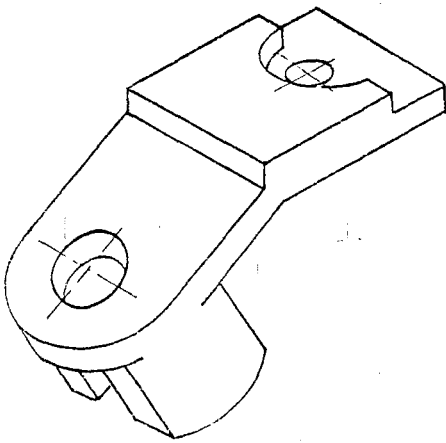
Dicho polígono tiene la verdadera forma y la verdadera magnitud de la cara escogida por nosotros, guardando en memoria todas las características analíticas de ésta, lo que hace que cuando, ahora, movemos el cursor sobre la pantalla, las coordenadas que va "describiendo" no tienen nada que ver con las que habían anteriormente, estamos obteniendo puntos todos ellos contenidos en el plano de la cara. Es en estas condiciones que vamos a operar para definir la base del prisma que se apoyará en esta cara.

Una vez definida la base y dada la orden con la magnitud del sweep, en la pantalla aparecerá el nuevo prisma formado por el anterior más lo que le acabamos de añadir en una de sus caras.

Todo este proceso contiene varios de los conceptos que irán apareciendo a lo largo de la tesis, como son: la no necesidad de introducir el concepto de abatimiento, así como, obviamente, simplificar el concepto de las vistas auxiliares. Trabajando directamente en Axonométrico, lo que supone de alguna forma trabajar directamente en 3D, en cualquier momento dando los valores adecuados a α y β , podremos obtener la planta, el alzado y el perfil de un cuerpo. Análogamente proyectando en la dirección de un plano, definida por su normal, podremos obtener la vista auxiliar que nos permita

ver la verdadera magnitud del poligono dibujado en dicho plano.

No hay que confundir estas operaciones con las comentadas anteriormente de selección de caras sobre un prisma, en este último caso, si el software es el deseable, aparecerá en pantalla sólo la cara seleccionada en verdadera magnitud, mientras que en los casos comentados en el párrafo anterior alguna cara quedará en verdadera magnitud, por ejemplo, mientras que el resto también aparecerá conjuntamente, lo que tendremos en suma será una vista determinada del cuerpo completo, mientras que en el otro caso tendremos una sola cara. En un caso pasaremos a 2D y en el otro nos quedaremos en una proyección 2D de las 3D originales.



Notas y Referencias.

(1) Como suele ocurrir en el bautismo de propiedades científicas, esta fórmula sobre los poliedros convexos, atribuida a Euler, era conocida antes por Descartes.