

# RECONSTRUCCIÓN DE MODELOS POLIÉDRICOS A PARTIR DE SUS VISTAS NORMALIZADAS

José María Gomis Martí<sup>(1)</sup>, Pedro Company Calleja<sup>(2)</sup> y Manuel Contero Gonzalez<sup>(2)</sup>

(1) Universidad Politécnica de Valencia  
Dpto. de Expresión Gráfica en la Ingeniería  
Camino de Vera S/N. E-46022, VALENCIA  
E-mail jmgomis@degi.upv.es

(2) Universitat Jaume I  
Dpto. de Tecnología  
Campus de Penyeta Roja. E-12071, CASTELLÓN  
E-mail pcompany@tec.uji.es  
E-mail contero@tec.uji.es

**Resumen:** La tarea de definición de un modelo geométrico es habitual como paso inicial en el proceso de diseño de objetos (piezas de máquina, etc). La adecuación del modelo generado y la compatibilidad geométrica tridimensional del objeto que se construye interactivamente en un procesador geométrico informático, se consigue mantener habitualmente restringiendo y guiando las acciones del usuario durante el modelado.

Hoy en día existen métodos muy potentes, y fáciles de usar, para asistir en el modelado sólido. Sin embargo, su principal inconveniente es que requieren un entrenamiento previo del usuario. Además, el entrenamiento requerido para utilizar uno de tales modeladores suele ser diferente al que tradicionalmente han recibido los técnicos encargados de tal tipo de diseños. Así, por ejemplo, en el método de modelado a partir de "planos de trabajo", el entrenamiento de un técnico para hacer manipulaciones geométricas en las dos dimensiones del papel sí que es perfectamente útil cuando éste debe construir sobre el plano de trabajo, pero se requiere un entrenamiento distinto para adquirir la habilidad necesaria para definir y modificar, a voluntad, dicho plano de trabajo. Por ello, los métodos de reconstrucción, deben verse como un paso previo a la definición de una estrategia alternativa para el modelado interactivo.

La finalidad de este trabajo es la obtención de un algoritmo que está siendo desarrollado por los autores para la reconstrucción del modelo tridimensional de un cuerpo poliédrico a partir de sus "proyecciones ortográficas" (vistas normalizadas en alzado, planta y perfil). El algoritmo debe resolver casos especiales (que presentan ambigüedad en su interpretación) e identificar las posibles soluciones correctas. Así como como reparar la información 2D de partida, que sea incompleta y/o reiterativa como consecuencia de las herramientas utilizadas durante su creación en el sistema CAD empleado.

## 1. INTRODUCCIÓN

La reconstrucción 3D se puede definir como la generación automática de geometrías tridimensionales a partir de representaciones bidimensionales de las mismas. Es una de las técnicas cuya aparición viene condicionada por la necesidad de mejorar la interacción del hombre con la máquina en los problemas de preproceso de geometría presentes en diferentes campos del diseño y la proyectación en ingeniería (CAD y CAE).

Su desarrollo es posterior al de otras técnicas como la de reconocimiento de dibujos técnicos (tanto planos delineados como bocetos). Aunque debe destacarse que el objetivo de ambas técnicas es diferente. Así, mientras las técnicas de reconocimiento pretenden trasladar información bidimensional desde el papel hasta la base de datos del correspondiente sistema informático (es decir, informatizar los "planos técnicos"), las técnicas de reconstrucción buscan la recuperación de la información tridimensional que dichos dibujos contienen. Es decir, que las técnicas de reconocimiento de dibujos generan información bidimensional, mientras que las técnicas de reconstrucción generan modelos tridimensionales.

El tema de la *restitución* está también muy relacionado con el tema de la *reconstrucción*. Usualmente se denomina restitución al campo de actividad cuyo objetivo principal es obtener imágenes a partir de la información generada por los instrumentos electrónicos de exploración. Es un campo de gran importancia en medicina, donde se aplica para obtener imágenes significativas a partir de los distintos tipos de "campos bidimensionales o tridimensionales" de información que generan las diferentes técnicas e instrumentos de exploración que se utilizan [ALGO96]. También tiene una importancia evidente en el campo de la visión artificial, ya que, como generalización obvia de la restitución en dos dimensiones, apareció la restitución 3D, y algunas investigaciones han apuntado hacia la reconstrucción como una de las posibles vías para abordar dicho problema.

En la línea de reconstrucción basada en perspectivas, la referencia más cercana es la de Lipson y Shpitalni [LIPS96]. Se trata de la más reciente referencia al tema de la reconstrucción, y describe un algoritmo para reconstrucción de objetos definidos por un boceto alámbrico en perspectiva. El proceso se basa en identificar y formular las regularidades geométricas, para buscar la configuración 3D asociada a ellas. El desarrollo propuesto aumenta su porcentaje de fallos cuando el cuerpo bocetado incluye superficies no poliédricas.

Entre las técnicas mixtas, se puede referenciar el trabajo de Branco, Costa y Nunes Ferreira [BRAC94]. En él se describe un sistema, llamado IDEs (Intuitive Design System), que permite generar modelos sólidos combinando bocetos y técnicas de modelado sólido. El sistema acepta entradas mixtas de bocetos, explicaciones e indicaciones de modelado para interpretarlas todas produciendo el correspondiente modelo 3D. La técnica de reconstrucción se basa en detección de caras e interpretación del "significado tridimensional" de las representaciones planas de las aristas convergentes en cada vértice ("junctions").

Por último, dentro del método de reconocimiento de formas geométricas 3D a partir de vistas normalizadas, se pueden considerar diferentes aproximaciones. Así, se puede referenciar el método de reconstrucción automática por detección de patrones, propuesto por Aldefeld [ALDE83][ALDE84]. Se trata de un método automático para reconocimiento de objetos definidos por combinación de diferentes elementos de tipo "perfil extruido". El sistema requiere la representación del objeto a reconstruir por medio del alzado, la planta y el perfil, distinguiendo aristas vistas y ocultas. En una primera fase se detectan los posibles polígonos "candidatos" a perfiles. La posterior extrusión y combinación da lugar a objetos tridimensionales "tentativos", que son descartados para elegir la solución correcta. Los trabajos de Kaining, Zesheng y Jianguang [KAIN86] representan una mejora del algoritmo de Wesley y Markowsky para reconstrucción de objetos poliédricos a partir de sus proyecciones ortográficas. Utiliza la idea de reconocimiento de patrones expuesta por Aldefeld para ampliar el campo de reconocimiento a los elementos cilíndricos. Por su parte, la aproximación propuesta por Yan, Chen y Tang [YAN84], se basa en interpretar las representaciones dadas como grafos y generar "candidatos" a vértices que posteriormente son contrastados hasta encontrar una combinación de posibles vértices que de lugar a una solución geoméricamente coherente.

Otro enfoque, similar en cuanto a procedimiento a los basados en vistas normalizadas pero muy distinto en cuanto a finalidad, es el de utilizar las posibilidades de reconstrucción para identificar los elementos característicos "features" de los objetos representados en dos dimensiones, con la intención de facilitar la generación de información útil para el proceso de fabricación. Tal es el enfoque del trabajo de Meeran y Pratt [MEER93], quienes presentan un desarrollo experimental para mecanización de objetos prismáticos simples con "features" aisladas.

## 2. PLANTEAMIENTO

La generación de figuras tridimensionales a partir de sus tres proyecciones ortográficas (planta, alzado y perfil) se ha planteado según un proceso alternativo a otros métodos conocidos. Dicho proceso se ha desarrollado en *cuatro* fases consecutivas, utilizando las tres vistas de la proyección ortográfica como información de partida:

- 1) Preparación la información de los dibujos.
- 2) Obtención de una axonometría oblicua bidimensional.
- 3) Eliminación de vértices y aristas ficticios.
- 4) Obtención del modelo tridimensional.

La fase 1 prepara la información previa de la que partimos (dibujos 2D correspondientes al alzado, planta y perfil de la pieza a reconstruir) existente en la base de datos del sistema CAD utilizado. La razón es que en el procedimiento seguido para la generación de la axonometría oblicua (fase 2) es condición indispensable que los datos de partida de las vistas en diédrico sean precisos y completos. Para ello se requiere que la información de todos los vértices y aristas que los unen y que aparecen en el dibujo estén dentro de la base de datos del sistema CAD utilizado. Una vez interrogada la misma, los datos pasarán a formar parte de la *estructura de datos* diseñada al efecto.

La fase 2 utiliza la información “preparada” de las tres vistas ortográficas para poder obtener los vértices en dos dimensiones de una axonometría oblicua arbitraria del objeto, utilizándose ésta como nexo de relación entre las vistas ortográficas para clarificar los casos de indeterminación de vértices y aristas en relación con el modelo real del objeto.

La fase 3 supone un filtrado de los vértices y aristas obtenidas en la fase anterior. Ello es debido a que la fase 2 permite obtener no únicamente la totalidad de los vértices y aristas de la axonometría oblicua del objeto, sino también la de otros, compatibles con las proyecciones diédricas de partida, pero inexistentes en el modelo, que en los trazados manuales son eliminados gracias a la *complicidad* del dibujante. Dichos vértices y aristas son denominados en este trabajo como “ficticios”.

La fase 4 permite, en primer lugar, obtener las coordenadas tridimensionales de los vértices, utilizándose para ello la información asociada a ellos en las vistas ortográficas. Después utilizando los datos de los vértices tridimensionales y la información topológica contenida en la axonometría se obtiene la información topológica de la axonometría para interconectar los vértices, ya en formato tridimensional, confeccionando el modelo alámbrico del objeto. Finalmente, se construye el modelo de superficies del objeto.

El *modelo* así obtenido sirve para representar sin pérdida de información, de manera inequívoca y completa la estructura topológica, la forma geométrica y las medidas de un objeto tridimensional de forma poliédrica.

### 3. PREPARACION DE LOS DIBUJOS

Para obtener la información de vértices y aristas de la base de datos, existe una doble problemática con la información referente a determinados vértices que son producto de intersecciones y a algunas aristas que forman parte, implícitamente, de otras aristas.

Por una parte, ocurre que, en todos los programas de delimitación asistida, determinadas referencias a intersecciones de aristas no se introducen por el usuario, sino que se producen por el cruce de rectas como consecuencia del proceso de delineación en 2D, y por tanto, no se hallan referenciados en la base de datos del programa. En la figura 1 podemos observar como ocurre esta circunstancia: las aristas  $v_1-v_2$ ,  $v_2-v_3$ ,  $v_3-v_4$ ,  $v_4-v_5$ ,  $v_5-v_6$ ,  $v_6-v_7$ ,  $v_7-v_8$  y  $v_8-v_1$  son aristas no dibujadas explícitamente; no aparecerían en la base de datos del sistema CAD, surgen en el dibujo como resultado de las intersecciones de las aristas  $v_1-v_3$ ,  $v_3-v_5$ ,  $v_5-v_7$  y  $v_7-v_1$ , con las aristas  $v_2-v_6$  y  $v_4-v_8$ . Además a éstas hay que sumar el vértice  $v_9$ , intersección de esta dos últimas. Para resolver este problema se debe desarrollar un algoritmo que deberá dividir las aristas dibujadas inicialmente en todas las posibles aristas, de forma que en el ejemplo, se añadirán las  $v_1-v_2$ ,  $v_2-v_3$ ,  $v_3-v_4$ ,  $v_4-v_5$ ,  $v_5-v_6$ ,  $v_6-v_7$ ,  $v_7-v_8$ ,  $v_8-v_1$  y  $v_2-v_9$ ,  $v_9-v_6$ ,  $v_4-v_9$ ,  $v_9-v_8$ .

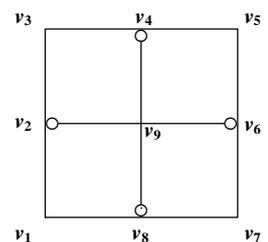


Figura 1

El segundo problema queda ilustrado en la figura 2, donde se observa que las aristas  $v_{11}-v_{17}$ ,  $v_{17}-v_{16}$  han sido trazadas de forma consecutiva, y posteriormente se ha introducido el rectángulo ( $v_{14}-v_{11}-v_{12}-v_{13}$ ), como resultado de una copia de un dibujo realizado anteriormente. En este caso tenemos una *información sobrante*; la arista  $v_{14}-v_{11}$  debe eliminarse e incluir la información de la arista  $v_{14}-v_{17}$  pero al realizar la operación de intersección entre  $v_{17}-v_{16}$  y  $v_{14}-v_{11}$ , aparte de obtener la arista anterior, obtendríamos la arista  $v_{11}-v_{17}$ , con lo que la información de esta arista pasará a estar repetida. Sin embargo, en cualquier caso, tendremos que “trocear” la información de las aristas que tengan puntos intermedios.

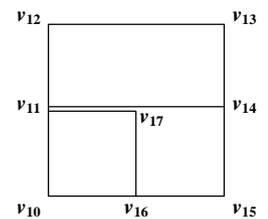


Figura 2

En cualquier caso, no debemos olvidar que una arista de la representación 2D puede incluir la proyección de varias aristas tridimensionales como se muestra en la figura 3.

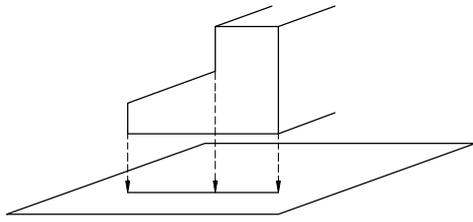


Figura 3

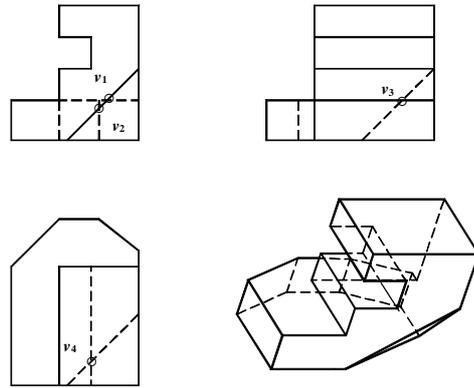


Figura 4

Por otra parte, las modificaciones del modelo 2D añaden una nueva dificultad: aparecen vértices que no han sido definidos, resultado de intersecciones de aristas, que además, no representan a ningún vértice 3D real. Este es el caso de los vértices  $v_1$ ,  $v_2$ ,  $v_3$  y  $v_4$  representados en la figura 4. Afortunadamente, estos casos son detectables en base al propio mecanismo de proyección, ya que los supuestos vértices al proyectarse no encontrarían sus correspondientes proyecciones en las otras dos vistas.

#### 4. OBTENCION DE LA AXONOMETRIA OBLICUA

Para obtener la axonometría a partir de las vistas diédricas (planta, alzado y perfil), se requieren unas direcciones arbitrarias aportadas por el usuario ( $D_1$  y  $D_2$  en la figura 5).

Genéricamente el método es una aplicación del *Teorema de Pohlke* [HOHE65], y consiste en “proyectar” la planta, el alzado y el “perfil transformado” hallando las intersecciones comunes. Las direcciones de “proyección” son las dos aportadas por el usuario para el alzado y la planta, y una dirección horizontal ( $D_h$ ) para el perfil transformado. El proceso se puede detallar en las siguientes etapas:

- 1) Obtención de los ejes y las escalas.
- 2) Transformación del perfil.
- 3) Generación de vértices de la axonometría.
- 4) Generación de aristas de la axonometría.

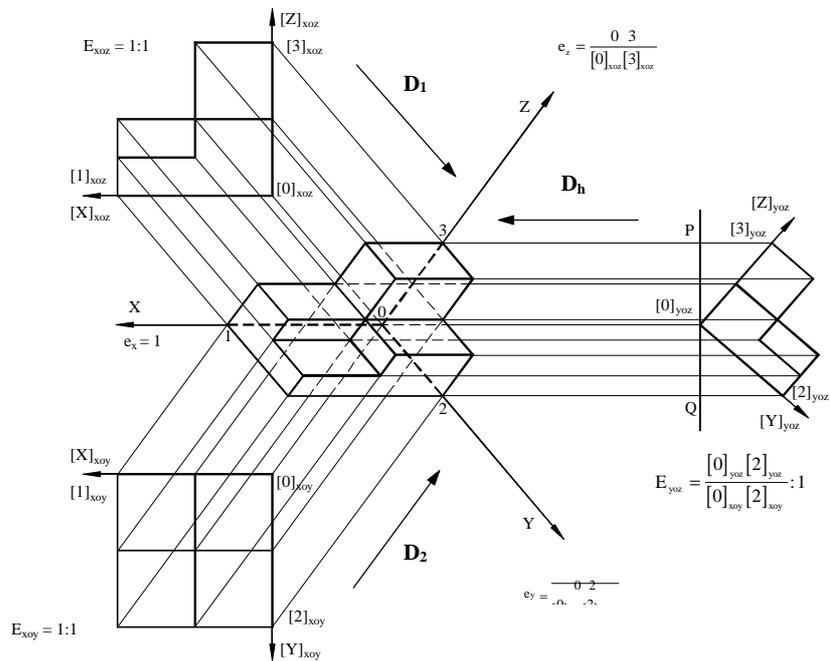


Figura 5

#### 4.1. Obtención de los ejes y las escalas

Para obtener los ejes de la axonometría oblicua tomamos un segmento de igual longitud para cada eje del sistema de coordenadas (ver figura 5). Los vértices de dichos segmentos son los puntos 0, 1, 2 y 3. El punto 0 es el origen de coordenadas y es resultado de la intersección entre la proyección que pasa por el origen de coordenadas de la planta  $[0]_{xoy}$  y la proyección que pasa por el origen de coordenadas del alzado  $[0]_{xoz}$ , y de forma análoga se obtienen los otros tres vértices. Los ejes quedan definidos por los puntos axonométricos obtenidos: El eje OX es horizontal y paralelo al eje  $[X]_{xoy}$  de la planta y al eje  $[X]_{xoz}$  del alzado. Los ejes OY y OZ no tienen por que ser paralelos a los ejes  $[Y]_{yoz}$  y  $[Z]_{yoz}$  del perfil.

Una vez hallados los ejes estamos en condiciones de obtener las escalas de cada uno de dichos ejes. Las escalas se pueden obtener sin más que establecer una relación entre la magnitud del segmento anterior y la magnitud actual tomada en los ejes de la propia axonometría:

$$e_x = 1 \qquad e_y = \frac{0 \ 2}{[0]_{xoy} [2]_{xoy}} \qquad e_z = \frac{0 \ 3}{[0]_{xoz} [3]_{xoz}}$$

#### 4.2. Transformación del perfil

En esta etapa se trata de definir un “nuevo perfil”, cuya proyección sea coherente con las proyecciones aplicadas a las otras dos vistas. El nuevo perfil se debe obtener por transformación del perfil inicial. Para ello, tendremos que realizar la siguiente secuencia:

- 1) Escalar con un factor constante en cada coordenada  $S_x = S_y = E_{yoz} = \frac{[0]_{yoz} [2]_{yoz}}{[0]_{xoy} [2]_{xoy}}$
- 2) Rotar con un ángulo  $\alpha = \arctan (P - [3]_{yoz})$ , tal como muestra la figura 5.
- 3) Trasladar el origen del SCP<sub>PERFIL</sub> y todos los vértices del perfil a un punto arbitrario en el eje  $X_{axonometría}$ , que se toma como futuro origen de coordenadas del perfil transformado  $[0]_{yoz}$ .

#### 4.3. Generación de los vértices de la axonometría

El proceso que se sigue para la obtención de los vértices de la axonometría consiste en proyectar cada vértice de una de las dos vistas de referencia (por ejemplo la planta) con la dirección introducida por el usuario ( $D_2$ ). Esta recta proyectiva se intersecta exhaustivamente con las proyecciones de todos y cada uno de los vértices de la otra vista (alzado), obtenidas según la otra dirección de proyección predeterminada por el usuario ( $D_1$ ). De todos los puntos de intersección obtenidos, que son “candidatos a vértices” de la axonometría, se elige aquel cuya proyección  $D_h$  coincide con la intersección encontrada anteriormente entre planta-alzado; éste será un vértice de la axonometría.

El procedimiento presenta un inconveniente: si por la transformación realizada (definida implícitamente por el usuario al introducir  $D_1$  y  $D_2$ ), encontramos que dos (o más) vértices de alguna de las vistas quedan alineados con la correspondiente dirección de proyección, todos ellos generarán el mismo vértice de la axonometría. Como la información contenida en las tres vistas de partida debe ser única y capaz de generar los vértices axonométricos sin duplicidades, no es admisible que se llegue a producir esta contingencia. Para solventarlo la única acción posible es dar marcha atrás y comenzar con una nueva dirección para la planta y el alzado y esperar que con los nuevos cálculos obtengamos un nuevo ángulo de giro del perfil que evite la reproducción del problema. En la práctica, trabajando con gran precisión en los datos numéricos, podemos afirmar que el problema es difícil que se presente, aunque posible, y por tanto es necesaria su consideración [GOMI96].

#### 4.4. Generación de las aristas de la axonometría

Una vez obtenidos los vértices de la axonometría, el paso siguiente es unirlos mediante aristas. Para ello requerimos la información existente en la planta, alzado y perfil. Para cada vértice de la planta se revisan todas las aristas que inciden en ese vértice y se comprueba si esa arista existe en las otras dos vistas. Utilizamos como nexo de unión los vértices obtenidos mediante las proyecciones. Debido al método utilizado para su obtención, cada vértice de la axonometría estará conectado a un solo vértice de la planta, un solo vértice del alzado y un solo vértice del perfil. Por tanto, dos vértices de la axonometría unidos mediante una arista tienen que confirmar estar también unidos por sus respectivas aristas en planta, alzado y perfil. El método se implementa en los siguientes pasos:

- 1) Obtención de las aristas verticales del objeto, que en la planta se proyectan sobre un mismo vértice y que son paralelas al eje OZ.
- 2) Obtención de las aristas no verticales: si estas aristas no se proyectan sobre un mismo vértice de la planta, tendrán que unir dos vértices que se encuentran en la planta. De cada vértice se estudia uno por uno todos los vértices que inciden en el primero.

El método propuesto elimina automáticamente el problema de vértices ficticios que se apuntaba en la figura 4, pero el algoritmo debe tener presente el problema de multiplicidad de aristas apuntado en la figura 3

### 5. ELIMINACIÓN DE VÉRTICES Y ARISTAS FICTICIOS

La obtención de modelos tridimensionales partiendo de sus proyecciones ortográficas tiene ciertas limitaciones, derivadas de las propias características del sistema de proyección ortográfica. A menos que utilicemos otros métodos de representación como el de añadir secciones al objeto y desplegar todas las vistas posibles, el sistema es *ambiguo* y sujeto a interpretaciones equívocas. Formas geométricas ocultas, hoquedades y geometrías internas son los principales entes que nos pueden plantear dicha ambigüedad.

Por su parte, los ordenadores algorítmicos tienen la capacidad de procesar y realizar cálculos, pero no poseen la capacidad de imaginar, intuir la representación de un plano. Por tanto, si partimos de un sistema de representación sujeto a posibles ambigüedades, hemos de dotar al algoritmo utilizado de un *método heurístico* para poder solventar las figuras sujetas a distintas interpretaciones. Este tipo de diseño algorítmico utilizando heurística de diseño nos servirá para poder discernir que caras de un objeto serán válidas, o cuales son los vértices proyectados que deben ser eliminados por inconsistencia espacial. Este aspecto es objeto de estudio en otros trabajos realizados sobre el tema [YAN84], presentándose aquí una solución alternativa a este problema.

#### 5.1 Acotación del problema

La casuística generada por la aparición de vértices ficticios al obtener la proyección axonométrica es extensa, por lo que se ha de cuidar el método utilizado para su resolución. El mejor procedimiento para solventar un problema extenso consiste en *acotarlo*, reducir el problema a partes, que en su conjunto podamos equipararlo al problema inicial. Con este fin limitaremos a tres los vértices alineados en cada dirección de proyección. En la figura 6 se puede observar como el número máximo de vértices en la dirección de los tres ejes X es 3 para el vértice  $v_2$  y 2 para el vértice  $v_1$ , por lo que  $v_2$  constituye un posible vértice ficticio y  $v_1$  no.

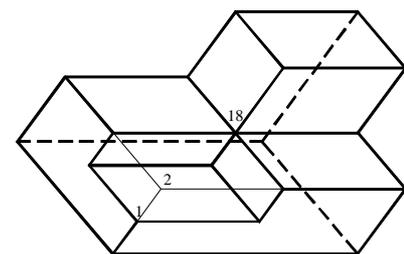


Figura 6

En la figura 7 podemos ver los cuatro casos posibles para un solo vértice ficticio en cada dirección de proyección. Y en la figura 8 podemos apreciar algunas de las 27 combinaciones posibles para dos vértices posiblemente ficticios. En dichas figuras cada segmento indica la presencia de 3 vértices ficticios en una dirección de proyección. Cada intersección corresponde a un posible vértice ficticio. Y la ubicación de dicha intersección a un lado o en medio de cada segmento indica la situación del posible vértice ficticio en relación a los restantes vértices alineados con la dirección de proyección. Es decir, indica si el

posible vértice ficticio ocupa una posición en un extremo o en medio de los otros dos vértices. La complejidad de la resolución de este problema sigue un *orden exponencial* (para tres vértices presuntamente ficticios las combinaciones se elevan a 81).

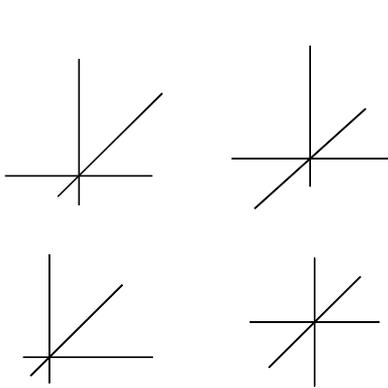


Figura 7

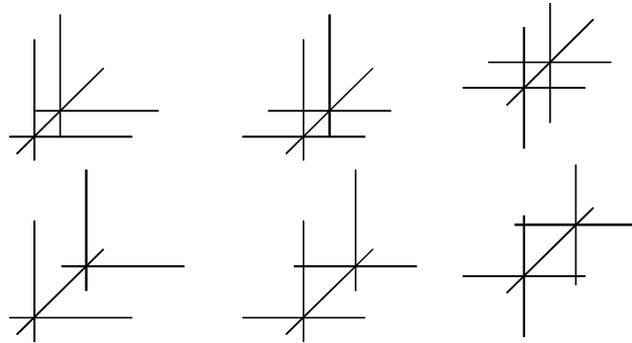


Figura 8

## 5.2 Determinación de elementos ficticios

La determinación de los elementos ficticios (vértices y aristas) se ha concretado a partir de dos parámetros. Por un lado se ha tenido en cuenta la valencia de los vértices (número de aristas que inciden en él) y por otro la posición relativa del posible vértice ficticio respecto del resto de vértices alineados con las tres direcciones de proyección (figura 7). En el primer caso se ha distinguido entre vértices de valencia 3 y vértices de valencia  $> 3$ . En la figura 9 se muestra un ejemplo de vértice, el  $v_5$ , de valencia 6 y situado en medio de dos de las direcciones de proyección y en un extremo en la tercera, marcado inicialmente como ficticio, que tras ser procesado es confirmado como vértice real.

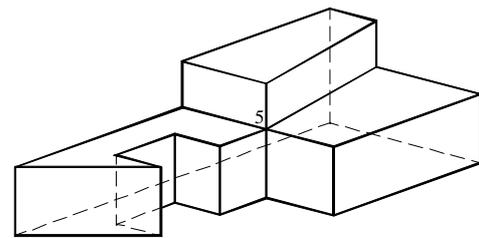


Figura 9

## 6. OBTENCIÓN DEL MODELO TRIDIMENSIONAL

En primer lugar, determinaremos las coordenadas tridimensionales de los verticas del modelo real a partir de la información de los mismos residente en la planta y el alzado. A continuación el modelo alambriaco del objeto se construye creando las aristas de éste como entidades lineales entre los vértices correspondientes. Para ello se utilizan las coordenadas tridimensionales de dichos vértices y la topología que define las relaciones entre los mismos (residente en la estructura de datos de la axonometría). A partir de aquí, el último paso previo a la obtención del modelo de superficies es la determinación de las caras del objeto.

Una aproximación lógica a la solución a este problema es considerar el plano que contiene a la cara a determinar mediante 3 vértices consecutivos y no alineados del objeto, o lo que es lo mismo por los vértices de 2 aristas concurrentes. Llegados a este punto tenemos dos opciones: 1)Comprobar si todos los vértices restantes cumplen la ecuación del plano. Conformer una lista de vértices coplanares al plano  $\pi$ . 2) Ir componiendo la cara a través de los vértices conectados mediante aristas a los vértices de partida y que además pertenezcan al plano  $\pi$ .El método elegido es el segundo y se materializa según el siguiente proceso:

- Obtención de todas las caras posibles partiendo de vértices  $v_i$  con *valencia*  $(v_i) = 3$ . En el caso de que se produzca una ambigüedad que impida cerrar el ciclo de vértices de una cara, se pasan a analizar otros vértices y caras, aplazándose la determinación de la inicial.

- En aquellos *vértices insaturados*  $v_i$  que tengan tres aristas insaturadas asociadas, de las cuales dos de ellas  $[v_i - v_j]$  y  $[v_i - v_k]$  estén semisaturadas y una de ellas  $[v_i - v_l]$  esté insaturada, formaremos los dos planos de búsqueda que determinan cada una de las dos aristas *semisaturada con la arista insaturada*:

1.  $\pi_1(v_i, v_j, v_l)$

2.  $\pi_2(v_i, v_k, v_l)$

La información de las nuevas caras formadas, los vértices saturados y las aristas saturadas nos servirán para junto con los pasos anteriores poder generar todas las caras del objeto.

Aún habiendo limitado la posibilidad de comenzar con un vértice tal que *valencia* superior a tres, el proceso de búsqueda anterior trae consigo la aparición de caras inexistentes. Las caras asociadas a hoquedades o depresiones suelen ser ficticias. A fin de resolver éste problema se han introducido las definiciones de “*vértice saturado*” (vértice cuyo número de caras asociadas o determinadas es igual a su número de aristas asociadas), y “*arista saturada*” (arista que tiene dos caras asociadas).

## CONCLUSIONES

Todas las técnicas actualmente propuestas tienen en común que las representaciones bidimensionales utilizadas como datos de partida se suponen basadas en el proceso de proyección. Sin embargo, si que se diferencian dos entradas habituales para la reconstrucción: las “proyecciones ortográficas” (ó vistas normalizadas) y las representaciones perspectivas. Cuando la entrada es un proyección perspectiva, solo se suele exigir una proyección. Por el contrario, cuando se utilizan proyecciones ortográficas se suele exigir el número mínimo para que el objeto quede completamente definido. También se exige que se situen de modo normalizado, para establecer fácilmente las correspondientes relaciones entre todas las vistas dadas. En el método propuesto se requiere el alzado, la planta y el perfil.

Es habitual exigir que el dibujo generado por el usuario distinga entre aristas vistas y ocultas, aunque algunas aproximaciones se basan en que el usuario dibuje únicamente las aristas vistas. En el método propuesto no es necesaria la distinción, pero se deben dibujar todas las aristas.

Los métodos de reconstrucción también se pueden clasificar en función del tratamiento que hacen sobre las medidas. Una gran mayoría de los desarrollos pretenden utilizar como dato únicamente un boceto generado por el usuario, por lo que se limitan a intentar generar un modelo que mantenga las proporciones del boceto, y dejan para una fase posterior el dimensionado exacto. Los sistemas que exigen como entrada un dibujo a escala suelen ser los que utilizan vistas normalizadas, y su orientación es hacia la generación del modelo final. Tal es el caso del método propuesto.

La mayoría de los desarrollos conocidos están en fase experimental y alcanzan a interpretar sin demasiados errores los cuerpos de tipo poliédrico. La interpretación de elementos superficiales usuales (cilindros, esferas,...) también es considerada por algunos de los desarrollos. En cualquier caso, cuando la complejidad de los objetos a reconstruir aumenta, los sistemas suelen dejar de tener un funcionamiento automático, pasando a diferentes técnicas de reconstrucción semiautomática. En cuanto al método propuesto, los resultados obtenidos hasta la fecha avalan la validez del método para los objetos poliédricos, que eran los únicos considerados. La utilidad del método para otro tipo de cuerpos será el próximo objeto de estudio.

Como principal conclusión, se debe remarcar que el trabajo presentado tiene como aportación más original la utilización de la axonometría oblícua (basada en el Teorema de Pohlke), para guiar y validar el proceso de reconstrucción de vértices y aristas del modelo tridimensional. Se trata de una mejora substancial respecto al método basado en la reconstrucción tridimensional de un sistema ortogonal de coordenadas, a partir de una proyección paralela oblícua del mismo desarrollado con anterioridad por los autores [GOMI95]. Se han descrito los aspectos más significativos de las cuatro fases en las que puede descomponerse el proceso global, y se han destacado los aspectos que se han considerado más críticos durante la implementación del método.

## REFERENCIAS

- [ALDE83] Aldefeld B. "On automatic recognition of 3D structures from 2D representations". *Computer Aided Design*. Volume 15, number 2, march 1983. pp 59-64.
- [ALDE84] Aldefeld B. and Richter H. "Semiautomatic three-dimensional interpretation of line drawings". *Computer & Graphics*. Volume 8, number 4, march 1984. pp 371-380.
- [ALGO96] Algorri M.E. and Schmitt F. "Surface Reconstruction from Unstructured 3D Data". *Computer Graphics Forum*. Volume 15, number 1, 1996. pp 47-60.
- [BRAC94] Branco V.; Costa A. and Nunes Ferreira F. "Sketching 3D models with 2D interaction devices". *Computer Graphics Forum*. Volume 13, number 3, 1994. pp C490-C502.
- [GOMI95] Gomis J.M. y Company P. "Restitución de un sistema de coordenadas tridimensional a partir de su proyección axonométrica oblicua". *Actas del VII Congreso internacional de expresión gráfica en la ingeniería. Tomo I*, 1995, pp. 357-372
- [GOMI96] Gomis J.M., Leiceaga X. y Vejarano J. "Generación automática de axonometrias oblicuas de objetos a partir de sus vistas ortográficas". *Actas de la Reunión Internacional de Expresión Gráfica en Ingeniería y Arquitectura, EGRAF '96*. (pendiente de publicación) 1996.
- [HOHE65] Hohenberg F. *Geometría constructiva*. Ed. Labor, Barcelona, 1965.
- [KAIN86] Kaining G.; Zesheng T. and Jianguang S. "Reconstruction of 3D Objects from Orthographic Projections". *Computer Graphics Forum*. Volume 5, 1986. pp 317-324.
- [LIPS96] Lipson H. and Shpitalni M. "Optimization-based reconstruction of a 3D object from a single freehand line drawing". *Computer Aided Design*. Volume 28, number 8, 1996. pp 651-663.
- [MEER93] Meeran S, and Pratt M.J. "Automated feature recognition from 2D drawings". *Computer Aided Design*. Volume 25, number 1, 1993. pp 7-17.
- [YAN84] Yan Q.; Chen C.L. and Tang Z. "Efficient algorithm for the reconstruction of 3D objects from orthographic projections". *Computer Aided Design*. Volume 26, number 9, september 1984. pp 699-717.