

THREE-DIMENSIONAL RECONSTRUCTION OF CONICAL PERSPECTIVES

Conesa Pastor, Julián; Mula Cruz, Francisco José
Universidad Politécnica de Cartagena

The examination of the surrounding environment is an essential task for the development of the autonomous navigation applications. Its aim is to obtain the three-dimensional reconstruction of the objects which are around us, allowing, in this way, interacting with them from the vision provided by the cameras.

Therefore, one of the most important challenges in the computer vision has long been to obtain three-dimensional models from the information given by a projection of the model. In this work we show an automatic system which allows obtaining three-dimensional models from entities that represent the conical projection of a polyhedral model. The results obtained on a total of 336 tests, with a success ratio of 100%, make the method a proposal to be considered for obtaining models from conical perspectives automatically.

Keywords: image reconstruction; single imagen technique; image-based modeling; conical perspective

RECONSTRUCCIÓN TRIDIMENSIONAL DE PERSPECTIVAS CÓNICAS

El reconocimiento del entorno que nos rodea es una tarea primordial para el desarrollo de aplicaciones de navegación autónoma. Su objetivo es conseguir la reconstrucción tridimensional de los objetos que se encuentran a nuestro alrededor, permitiendo de este modo interactuar con ellos a partir de la visión ofrecida por cámaras.

Por ello, uno de los retos más importantes de la visión por computador ha sido la obtención de modelos tridimensionales partir de la información dada por una proyección del modelo. En este trabajo se muestra un sistema automático que permite obtener modelos tridimensionales a partir de entidades que representan la proyección cónica de un modelo poliédrico. Los resultados obtenidos sobre un total de 336 ensayos con un ratio de éxito del 100% hacen del método una propuesta a considerar en la obtención automática de modelos a partir de perspectivas cónicas.

Palabras clave: reconstrucción de imágenes; técnicas de única imagen; modelado basado en imagen; perspectiva cónica

1. Introducción

Salvando las diferencias que en la fotografía puedan ocasionar las distorsiones ópticas del objetivo y que pueden ser consideradas despreciables, puede afirmarse que, en términos geométricos, perspectiva cónica y fotografía son iguales (Villanueva, 2001).

Por consiguiente, el proceso de reconstrucción de una imagen fotográfica puede ser considerado como la reconstrucción de un modelo a partir de una perspectiva cónica del mismo.

La reconstrucción de modelos a partir de perspectivas empezó a atraer la atención sólo a finales de los 60 motivado por el desarrollo de los ordenadores digitales siendo Robert (1965) quien presentó un primer método de reconstrucción.

La evolución de la reconstrucción geométrica ha sido resumida en algunas referencias. El libro de Sugihara (1986) es la referencia más completa a la historia inicial de la interpretación automática de dibujos técnicos. Nagendra y Gujar (1988) publicaron un resumen de varios artículos que trataban la reconstrucción de objetos tridimensionales a partir de sus vistas 2D. Posteriormente Wang y Grinstein (1993) completaron el trabajo realizando una taxonomía de la reconstrucción de objetos 3D a partir de dibujos lineales de una proyección bidimensional.

El último resumen del que tenemos constancia es el trabajo de Company (1997), quien muestra los resultados obtenidos mediante los sistemas de reconstrucción a partir de una sola proyección y a partir de proyecciones múltiples, comparando las etapas del diseño conceptual mediante métodos clásicos y CAD.

Los métodos de reconstrucción a partir de una sola vista que representa una perspectiva cónica pueden ser agrupados en función de la metodología utilizada como métodos de etiquetado y métodos perceptuales.

Entre los primeros hay que resaltar el trabajo presentado por Parodi y Piccioli (1996) quienes propusieron un método basado en el etiquetado de vértices y donde se ha investigado la reconstrucción cuantitativa de la estructura 3D de una escena de un dibujo lineal utilizando restricciones geométricas proporcionadas por la ubicación de los puntos de fuga. Esta información adicional sobre los puntos de fuga les permitió el diseño de un algoritmo que tenía varias ventajas con respecto a enfoques basados en la programación lineal que iban desde una menor complejidad computacional a un menor error en la reconstrucción de la geometría 3D.

En lo referente a los métodos perceptuales destacamos la aportación realizada por Liu et al. (2008) quienes resaltan los problemas derivados de la utilización de funciones no lineales en los procesos de optimización utilizada por otros autores, que conlleva a obtención de mínimos locales. Dicha función no lineal se debe a que la planicidad de las caras viene expresada en función de los vértices que la definen. En su trabajo proponen la optimización de una función objetivo definida a partir de un conjunto de restricciones lineales.

Su algoritmo puede tratar proyecciones con o sin representación de aristas ocultas, sin embargo precisan de conocimiento de caras definidas en la proyección para realizar el proceso de reconstrucción y este problema no es trivial ni está totalmente resuelto en la actualidad.

El referente más cercano al método propuesto en este trabajo podemos encontrarlo en el método propuesto por Fang y Lee (2012) quienes partiendo de las ideas de Lamb y Bandopadhyay (1990) extendieron su método a proyecciones cónicas de modelos. Sin

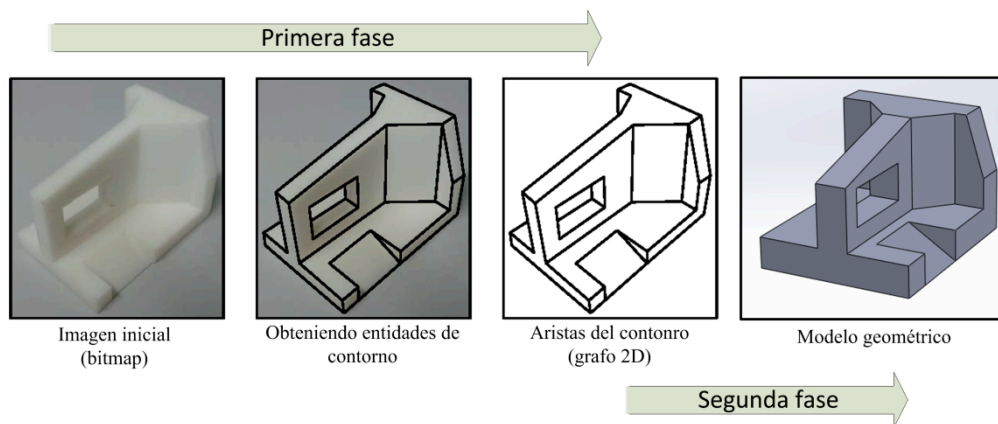
embargo, su método asume que la proyección se corresponde siempre con una proyección cónica de tres puntos de fuga.

En este trabajo se propone una metodología que permite la reconstrucción de perspectivas con y sin representación de aristas ocultas, que es capaz de determinar la tipología de la perspectiva (de uno, dos o tres puntos de fuga) y no precisa de la detección previa de caras, lo que hace al sistema totalmente autónomo.

2. Objetivos

El objetivo final de esta investigación es la obtención automática de modelos a partir de una imagen fotográfica. Desde el enfoque de este trabajo, el proceso ha sido dividido en dos fases. La primera de ellas se centra en el tratamiento de la imagen adquirida por la cámara (bitmap) con el objetivo de reconocer el conjunto de entidades geométricas que definen el contorno del objeto (grafo). La segunda de las fases se centra en dotar de tridimensionalidad el grafo obtenido en la fase anterior para convertirlo en un modelo geométrico tridimensional (ver figura 1).

Figura 1: Fases definidas en el proceso de reconstrucción



Son varios los autores que con distintos fines y objetivos han trabajado en la primera de estas fases, como es el caso de Vouzounaras, Daras y Strintzis (2014) quienes se centraron en el reconocimiento de edificios. Este trabajo se centra en la segunda de las fases, si bien, dada la amplitud del problema propuesto, en esta ponencia trabajaremos exclusivamente sobre grafos que representan modelos poliédricos.

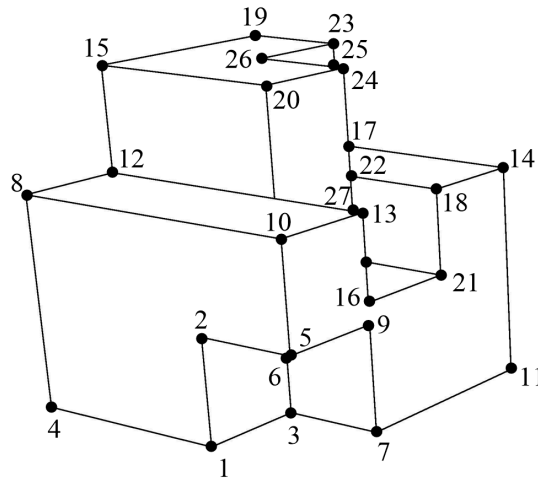
3. Metodología

El método propuesto para la obtención de modelos tridimensionales a partir de grafos está basado en los fundamentos de la perspectiva cónica según los cuales, los vértices de un modelo deberán estar situados sobre la recta que une el punto de vista con su proyección sobre el plano del cuadro.

2.1 Reconstrucción de grafos de tipología normalón y cuasi-normalón

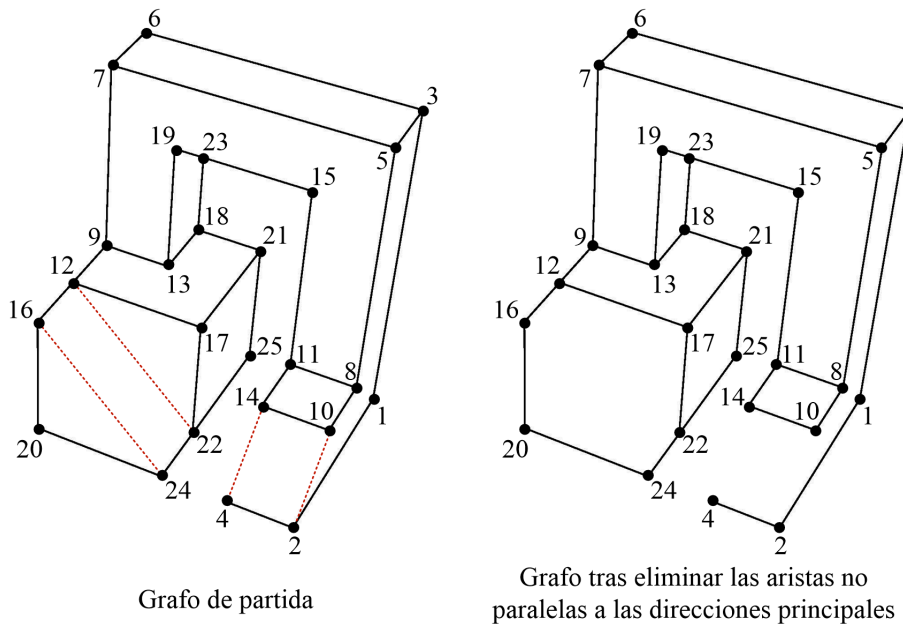
Siguiendo la terminología adoptada por Conesa (2001) nos referimos a grafos de tipología normalón como aquellos que tienen la particularidad de que todas sus aristas están orientadas según direcciones perpendiculares en el modelo (figura 2). A dichas direcciones las denominamos direcciones principales del grafo.

Figura 2: Grafo de tipología normalón



De igual forma, nos referimos a grafos de tipología cuasi-normalón como aquellos que, a pesar de no ser de tipología normalón, permiten llegar a todos los vértices, pasando exclusivamente por aristas orientadas según las direcciones principales. Es decir, se trata de grafos en los que la eliminación de todas sus aristas no paralelas a las direcciones principales no supone pérdida de vértices y además todos ellos se mantienen conectados sí (figura 3).

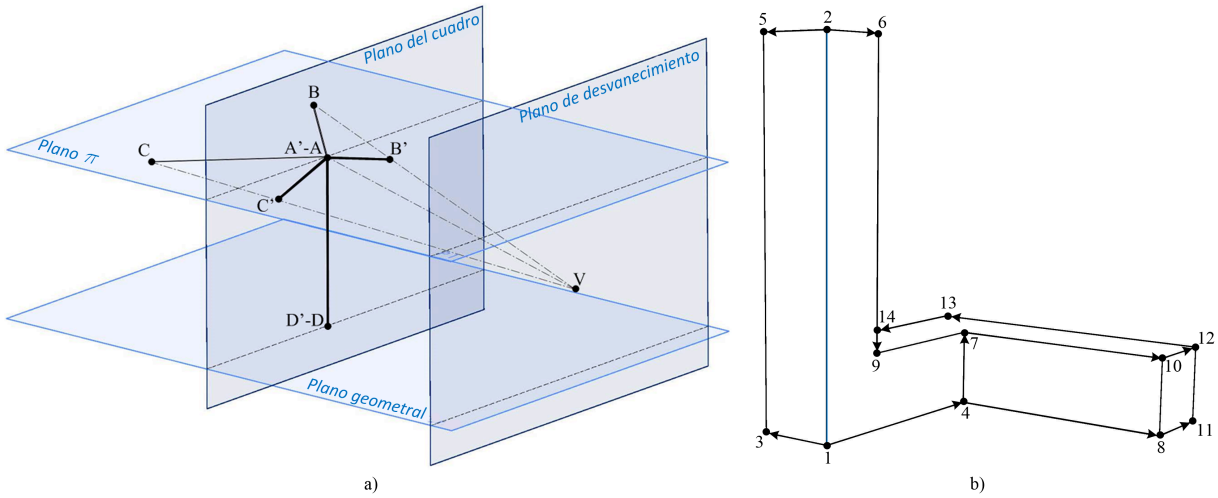
Figura 3: Grafo de tipología cuasi-normalón



Para dichas tipologías de grafos, conocidas las coordenadas de una arista inicial, es posible determinar las coordenadas de los vértices conectados a ella, como la intersección de los planos perpendiculares a la arista inicial en sus vértices y la recta que une el punto de vista con sus proyecciones como se muestra en la figura 3a. El método propuesto puede extenderse a todo el grafo siguiendo un árbol de propagación a través de vértices con coordenadas conocidas. En la figura 3b se muestra un grafo donde, asumiendo como conocidas las coordenadas de la arista A'B' marcada en azul, el método puede propagarse siguiendo el orden en el que se han enumerado sus vértices.

Figura 4: Reconstrucción de grafos de tipología normalón y cuasi-normalón.

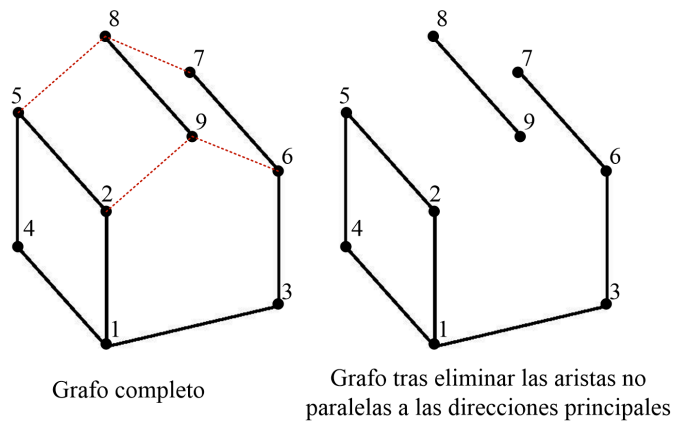
a) Metodología b) Árbol de propagación



2.2 Reconstrucción de poliedros de otras tipologías

La metodología propuesta permite la reconstrucción de una amplia familia de grafos. Sin embargo, otros muchos grafos como el que se muestran en la figura 5, a pesar de su simplicidad, requieren de un análisis más profundo dado que la eliminación de las aristas no paralelas a las direcciones principales (marcadas en color rojo) supone pérdida de conectividad en el grafo.

Figura 5. Pérdida de conectividad en un grafo



2.2.1 Propagación a través de aristas paralelas no orientadas según las direcciones principales

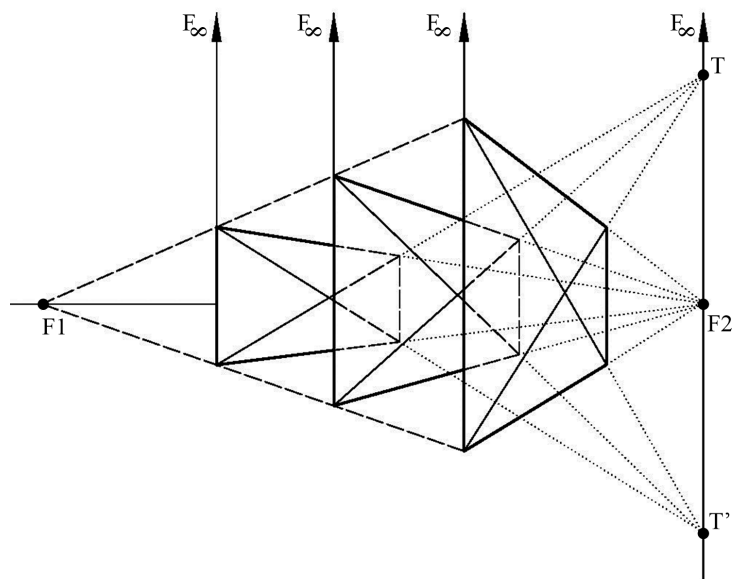
Para resolver este problema, hemos implementado un algoritmo que de nuevo esta basado en los fundamentos de la perspectiva cónica. De forma análoga a como el punto impropio de un haz de rectas paralelas tiene representación propia concentrándose en un punto de fuga, también la recta impropia de un haz de planos paralelos tiene representación en la denominada recta límite o recta de fuga.

Por consiguiente, para determinar la orientación de un plano, basta con conocer las direcciones de dos rectas contenidas en dicho plano, lo que equivale a afirmar que cuando

se conocen dos puntos de fuga de rectas contenidas en un plano, su recta límite se obtiene al unirlos.

En la figura 6, se esquematiza esta propiedad mediante la representación en perspectiva cónica de tres rectángulos alineados paralelamente entre sí representadas en el sistema de proyección cónico de dos puntos de fuga, donde los lados que definen la orientación de sus planos concurren hacia F_2 según la horizontal mientras que según la vertical concurren hacia un punto de fuga impropio.

Figura 6. Recta límite de un haz de planos paralelos entre sí



La recta límite que contiene todos los puntos de fuga de rectas pertenecientes a los planos rectángulos se obtendrá uniendo el punto de fuga F_2 con el punto impropio, lo que equivale a trazar por F_2 una vertical. A modo de ejemplo, considerando las diagonales de los rectángulos representados, veremos que sus puntos de fuga T y T' se encuentran sobre la vertical trazada por F_2 .

En la figura 7 se representa el modelo analizado en la figura 5 en perspectiva de dos puntos de fuga al que además, se han añadido la representación de las aristas ocultas. El método de propagación propuesto en el punto 2.1 para grafos de tipología normalón y cuasi-normalón, permite calcular las coordenadas de los vértices 1, 2, 4, 5, 6, 7, 9 y 10, quedando sin resolver el encuentro con la arista 3-8.

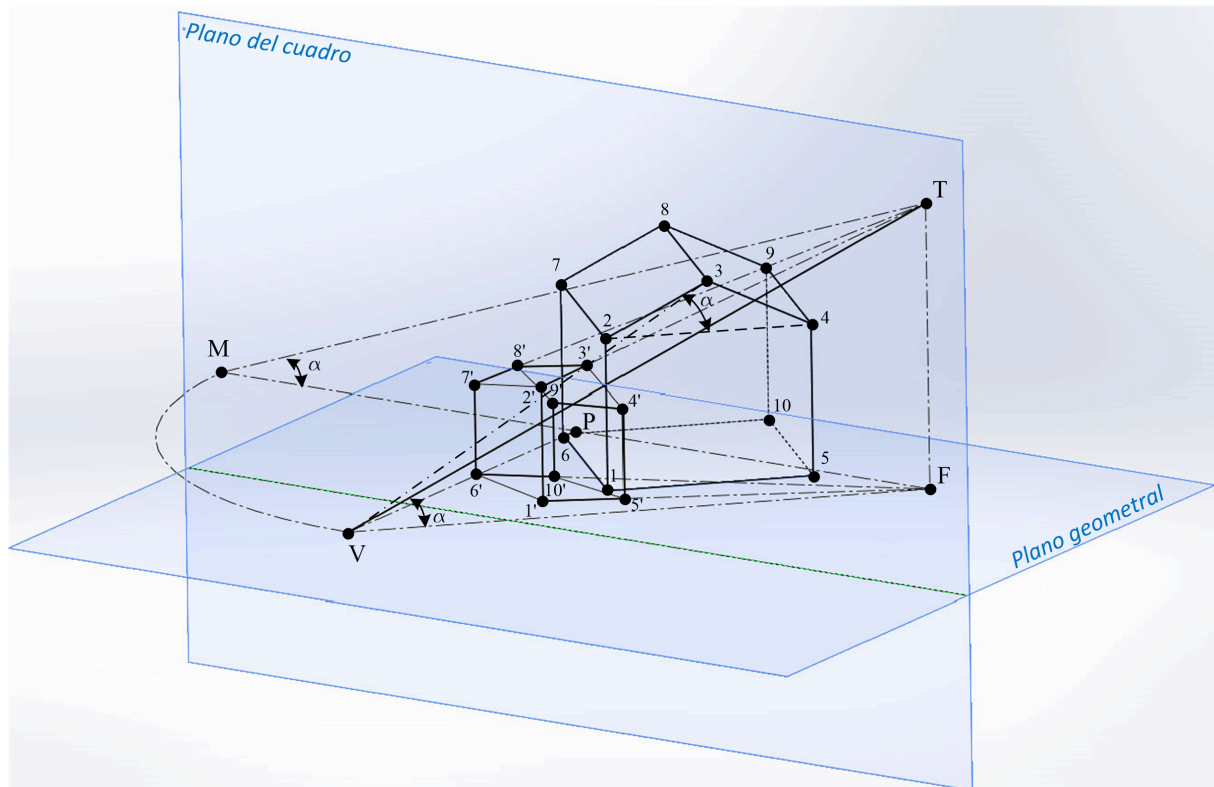
Teniendo en cuenta la definición de recta de fuga, la cara del modelo definida por los vértices 1, 2, 3, 4 y 5 queda orientadas según las aristas 1-5 y 1-2 y por tanto los puntos de fuga de dichas aristas (punto F según la horizontal y punto impropio según la vertical) definen la recta límite donde concurren cualquier arista contenida en esta cara (vertical trazada por F).

Por consiguiente, cualquier par de aristas del grafo que se corten sobre la recta límite y al menos una de ellas pase por un vértice de las aristas que definen la orientación de la cara, son susceptibles de representar una arista contenida en la cara y otra paralela a esta, como es el caso de las aristas $2'-3'$ y $7'-8'$ que cortándose en T representan las proyecciones de la arista 2-3 que forma parte de la cara definida por 1-2 y 1-5, y la arista 7-8 que es una arista paralela a ella en el modelo.

Detectados estos casos, la recta que une el punto de vista V con el punto de fuga resulta paralela a la arista 2-3, lo que permite obtener las coordenadas del punto 3 como la intersección de la recta trazada por 2 paralela a VT y la recta que une el punto de vista con la proyección del punto 3 sobre el plano del cuadro.

De este modo se establece un mecanismo que permite propagar el método de reconstrucción a través de ciertas aristas no paralelas a las direcciones principales.

Figura 7. Propagación a través de aristas paralelas no orientadas según las direcciones principales



2.2.2 Propagación a través de aristas con orientación conocida

A pesar del método introducido en el epígrafe anterior, la propagación del método de reconstrucción puede quedar interrumpido en grafos como el que se muestra en la figura 8.

Analizando la reconstrucción de dicho grafo, y asumiendo como conocidas las coordenadas de la arista 1-2 resaltada en color azul, la reconstrucción seguirá el árbol de propagación propuesto para grafos de tipología normalón y cuasi-normalón de acuerdo con el orden dado por los vértices, 1, 2, 3, 4 y 5 deteniéndose en dicho vértice dada la no existencia de aristas orientadas según las direcciones principales conectadas a los vértices 4 o 5.

Entonces, el método de propagación a través de aristas paralelas no orientadas según las direcciones principales, dado el paralelismo existente entre las aristas 2-3 y 5-6 permitiría la obtención de las coordenadas del vértice 6.

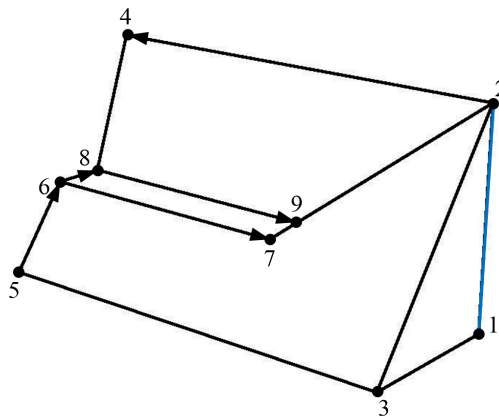
Sin embargo, y a pesar de que las aristas 6-7 y 6-8 están orientadas según las direcciones principales, el método no puede continuar su propagación dado que en 6 no concurre ninguna arista paralela a las direcciones principales a la que poder calcular el plano perpendicular en 6.

Para estos casos se propone comprobar si la dirección de alguna arista concurrente en 6 es paralela a alguna otra arista ya reconstruida (en nuestro ejemplo, la arista 6-7 es paralela a 5-8). En este caso, la orientación de esta arista se determina por simple paralelismo a las aristas ya reconstruidas.

De este modo la propagación del método continua hacia el vértice 7, obteniéndose sus coordenadas como la intersección de la recta trazada por 6 paralela a la arista 3-5 y la recta que une el punto de vista con la proyección del punto 7 en el plano del cuadro.

Finalmente las coordenadas de los vértices 8 y 9 se obtienen por el método de propagación para grafos de tipología normalón y cuasi-normalón.

Figura 8. Propagación a través de aristas con orientación conocida

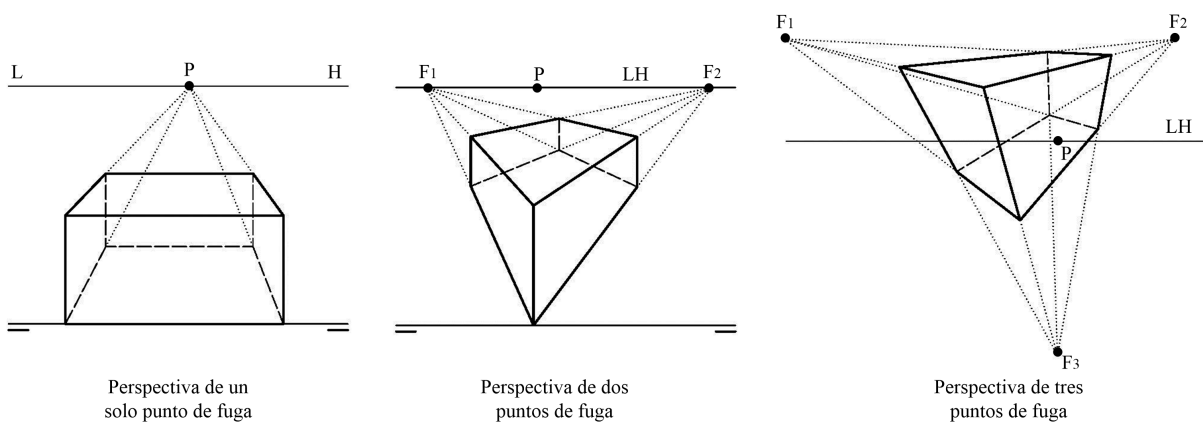


2.3 Asignación de coordenadas para iniciar el proceso de reconstrucción

Como se ha comentado en los epígrafes anteriores, para iniciar el proceso de reconstrucción es necesario conocer las coordenadas de los vértices de al menos una arista inicial. Esta asignación de coordenadas iniciales se realiza en función de las características particulares del tipo de perspectiva representada por el grafo.

En la figura 9 se representa la perspectiva de un prisma en los distintos tipos de perspectiva cónica.

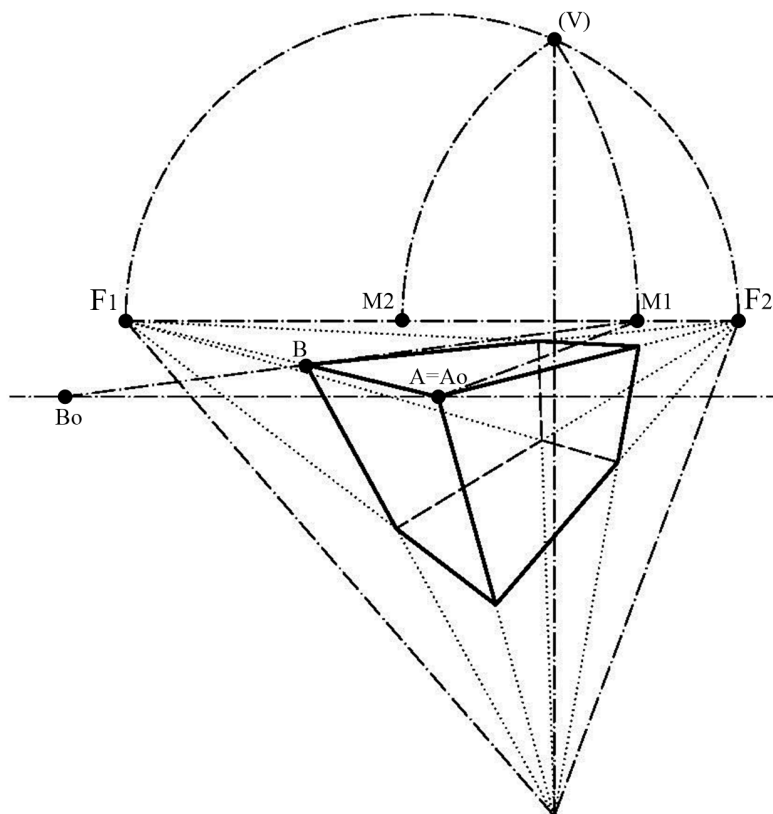
Figura 9. Tipos de perspectiva cónica



Del análisis de dicha figura se pueden extraer las siguientes conclusiones y asignación de coordenadas iniciales:

1. En perspectivas de un solo punto de fuga las aristas horizontales y verticales del modelo se proyectan según aristas horizontales y verticales en el plano del cuadro. Para este tipo de perspectiva el proceso de reconstrucción se inicia asignando coordenadas a los vértices de una de estas aristas manteniendo los valores (x,y) del plano del cuadro y haciendo su coordenada z igual cero.
2. En perspectivas de dos solo punto de fuga las aristas verticales del modelo se proyectan según aristas verticales en el plano del cuadro. Para este tipos de perspectiva el proceso de reconstrucción se inicia asignando coordenadas a los vértices de una de estas aristas manteniendo los valores (x,y) del plano del cuadro y haciendo su coordenada z igual cero.
3. Para el caso de perspectivas de tres puntos ninguna de las aristas orientadas según las direcciones principales resulta paralela al plano del cuadro. Sin embargo, conocidos los puntos de fuga de la perspectiva es posible determinar la determinar la longitud de una arista a partir de los puntos métricos de la perspectiva tal y como se muestra en la figura 10. Por ello, para este tipo de perspectivas, iniciamos el proceso de reconstrucción a partir de una arista orientada según las direcciones principales en tres pasos:
 - Asignamos coordenadas a uno de sus vértices manteniendo las coordenadas (x,y) del plano del cuadro y haciendo su coordenada z igual 0.
 - Obtenemos la longitud de la arista a partir de los puntos métricos.
 - Asignamos coordenadas al otro vértice de la arista sabiendo que debe encontrarse sobre la recta que une el punto de vista con su proyección y que la longitud de la arista debe ser igual al valor calculado en el punto anterior.

Figura 10. Perspectiva cónica de un prisma con tres puntos de fuga



2.4 Análisis de direcciones principales y tipo de perspectiva

Para aplicar el proceso de reconstrucción de acuerdo con la metodología expuesta es necesario conocer previamente el tipo de perspectiva que representa el grafo así como las aristas orientada según las direcciones principales. Ambas tareas están relacionadas y se analizan simultáneamente.

2.4.1 Consideraciones previas

Es necesario resaltar que dado que los grafos analizados han sido obtenidos tras vectorizar una imagen fotográfica, puede considerarse, salvando pequeños errores despreciables, que la proyección del punto vista, punto principal de la perspectiva, está centrado con respecto al marco que define el tamaño de la fotografía.

Además, el tamaño de la fotografía y la distancia focal son parámetros intrínsecos del dispositivo utilizado para obtener la imagen y por tanto pueden ser extraídos del archivo de la imagen.

2.4.2 Detección de potenciales puntos de fuga

La detección de puntos de fuga parte de los trabajos realizados por Rother (2002) quien se centraba en la exploración de todos los puntos candidatos a ser puntos de fuga al que hemos introducido algunas mejoras basadas en las consideraciones previas realizadas.

El algoritmo implementado consiste en recorrer dos a dos todas las aristas que definen el grafo, calculando sus puntos de intersección de acuerdo con las siguientes consideraciones:

- Si alguna de las aristas tomadas es horizontal o vertical, se prescinde del cálculo del punto de intersección y simplemente se anota la existencia de este tipo de aristas.
- Si las aristas concurren en un vértice del grafo se descarta el punto.

2.4.3 Elección de puntos de fuga y tipología de la perspectiva

Analizadas las intersecciones entre todas las aristas del grafo, se determinan los puntos de fuga de las direcciones principales y la tipología de la perspectiva de acuerdo con las siguientes consideraciones:

- Si el punto principal coincide con un potencial punto de fuga y en el grafo hay aristas horizontales o aristas verticales, se asume que el grafo representa una perspectiva de un solo punto de fuga en el que las direcciones principales vienen dadas por la horizontal, la vertical y la familia de aristas que fugan hacia el punto principal.
- Si existen al menos dos potenciales puntos de fuga alineados según la horizontal con el punto principal, se toman los puntos dos a dos de forma que ocupen posiciones opuestas respecto al centro del marco de la imagen y se comprueba si la distancia focal obtenida mediante procedimiento geométrico coincide con la distancia focal definida en el archivo de la imagen. Si dicha distancia coincide para al menos un par de potenciales puntos de fuga, se asume que el grafo representa una perspectiva con dos puntos de fuga y se consideran como direcciones principales la familia de aristas del grafo que concurren en dichos puntos de fuga y la vertical.
- Si existen al menos tres potenciales puntos de fuga definidos en el grafo, se toman los puntos tres a tres y se comprueba si el ortocentro del triángulo definido por los puntos de fuga coincide con el centro del marco de la imagen y si la distancia focal obtenida mediante procedimiento geométrico coincide con la distancia focal definida en el archivo de la imagen. Si ambas reglas se cumplen para al menos tres de los potenciales puntos de fuga, se asume que el grafo representa una perspectiva con tres puntos de fuga y se

consideran como direcciones principales la familia de aristas del grafo que concurren en dichos puntos de fuga.

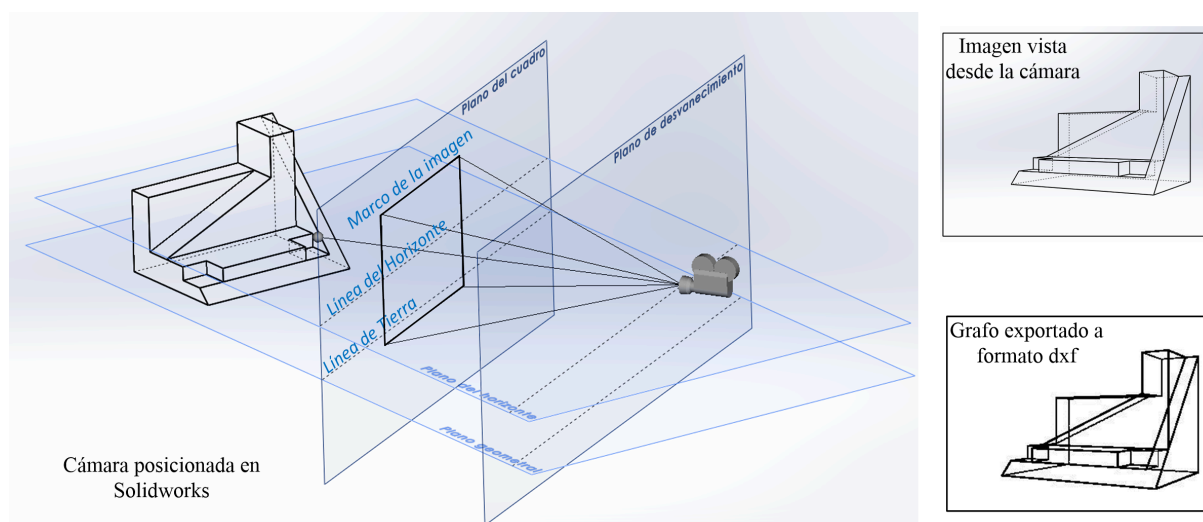
3. Resultados

3.1 Trabajos previos

Dado que en este trabajo se centra en la reconstrucción de grafos obtenidos a partir de la vectorización de imágenes fotográficas, para poder ensayar y evaluar los distintos algoritmos propuestos es necesario disponer de alguna herramienta que nos permita obtener dichos grafos variando parámetros fotográficos tales como distancia focal, encuadre o perspectiva de la fotografía.

SolidWorks ha sido el software utilizado dada la posibilidad de insertar cámaras y variar dichos parámetros (ver figura 11). Utilizando esta herramienta se han modelado un total de 112 ejemplos y tras posicionar cámaras que ofrezcan perspectivas de uno, dos y tres puntos, se han generado 336 grafos.

Figura 11. Grafo obtenido mediante SolidWorks



3.2 Resultados de las estrategias de reconstrucción

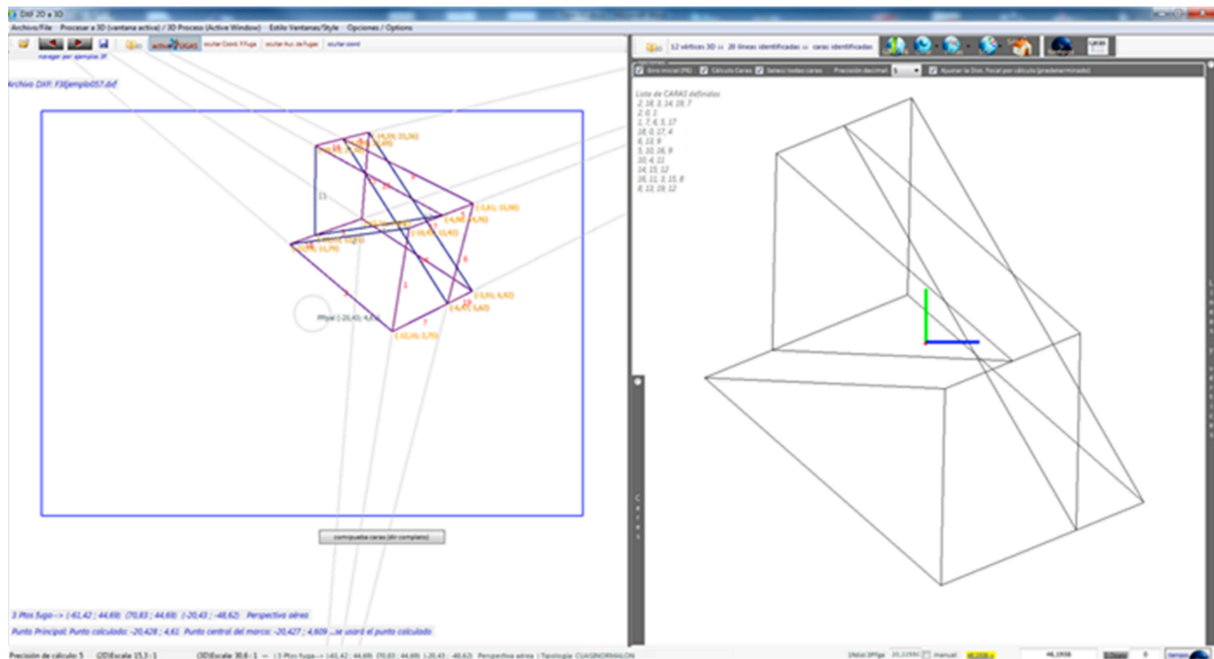
Las metodologías propuestas han sido implementadas Visual C# bajo la plataforma de Visual Studio (WinForm) usando librerías de CsGI (OpenGL for Visual C#). La figura 12 muestra el entorno de trabajo diseñado y que ha sido dividido en dos ventanas:

- En la ventana izquierda se representa el grafo obtenido a partir de la lectura del archivo dxf generado por SolidWorks y en la que se analizan los resultados de la detección de puntos de fuga y aristas orientadas según direcciones principales.
- En la parte de la derecha se representa el modelo reconstruido.

De los 336 grafos analizados 84 son tipología normalón, 156 son de tipología cuasi-normalón y 96 corresponden a modelos de otras tipologías que precisan de propagación del método a través de aristas paralelas no orientadas según las direcciones principales o aristas con orientación conocida.

El ratio de éxito sobre los ejemplos ensayados ha sido del 100%.

Figura 12. Entorno de trabajo



4. Conclusiones

Las conclusiones más relevantes que podemos extraer son las siguientes:

- Se ha desarrollado e implementado un algoritmo que permite diferenciar entre los tres tipos de perspectiva cónica (de un solo punto de fuga, de dos puntos de fuga y de tres puntos de fuga) lo que hace al sistema más generalista que los presentados por autores anteriores que siempre se han centrado en perspectivas de tres puntos de fuga.
- Los métodos de reconstrucción propuestos no precisan del conocimiento previo de las caras del modelo, lo que independiza al sistema de la interacción del usuario haciéndolo completamente automático.
- La reconstrucción puede ser aplicada a grafos con o sin aristas ocultas dando como resultado modelos o superficies sin espesor respectivamente.
- Se han desarrollado e implementado algoritmos de reconstrucción que permite la propagación del método no solo a través de aristas perpendiculares en el modelo sino también a través de aristas oblicuas.
- La tasa de éxito del 100% en los grafos analizados demuestran una mejora sobre algoritmos propuestos por otros autores que declaran ciertas limitaciones respecto algunos de estos grafos.

En definitiva, en este trabajo se han desarrollado los algoritmos, métodos y herramientas necesarias para reconstruir grafos que representan perspectivas cónicas de un solo punto de vista, dos puntos de vista o tres puntos de vista de modelos poliédricos de manera completamente automática sin necesidad de interactuar con del usuario.

En un futuro próximo se pretende integrar la reconstrucción de modelos de nuevas familias de grafos con características comunes incluyendo superficies curvas.

Referencias

- Company, P. (1997). Integrating Creative Steps in CAD Process. *International Seminar on Principles and Methods of Engineering Design*, 1, 295-322.
- Conesa, J. (2001). *Reconstrucción geométrica de sólidos utilizando técnicas de optimización*. Tesis doctoral no publicada, Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena.
- Fang, F. & Lee, Y.T. (2012). 3D reconstruction of polyhedral objects from single perspective projections using cubic corner. *3D Research*, 3(2), 59.
- Lamb, D. & Bandopadhyay, A. (1990). Interpreting a 3D object from a rough 2D line drawing. *In Proceedings of Visualization*, 90, 59-66.
- Liu, J.Z., Cao, L.L., Li, Z.G. & Tang, X.O. (2008). Plane-based optimization for 3D object reconstruction from single line drawings. *IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 30(2), 315-327.
- Nagendra I.V. & Gujar U.G. (1988). 3-D Objects From 2-D Orthographic View –A Survey. *Computer & Graphics*, 12(1), 111-114.
- Parodi, P. & Piccioli, G. (1996). 3D Shape Reconstruction by Using Vanishing Points. *IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 18(2).
- Robert, L.G. (1965). Machine Perception of three-dimensional solids. *Optical and Electro-Optical Information processing*. Massachusetts and London, England: The MIT Press, Cambridge.
- Rother, C. (2002). A new approach to vanishing point detection in architectural environments. *Image and Vision Computing*, 20, 647-655.
- Sugihara, K. (1986). *Machine interpretation of line drawing*. MIT Press.
- Villanueva, L. (2001). *Perspectiva lineal. Su construcción y su relación con la fotografía*. Valencia, España: Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya.
- Vouzounaras, G., Daras, P. & Strintzis, M.G. (2014) Automatic generation of 3D outdoor and indoor building scenes from a single image. *Multimedia tools and applications*, 70(1), 361-378.
- Wang W. & Grinstein G. (1993). A Survey of 3D Solid Reconstruction from 2D Projection Line Drawings. *Computer Graphics Forum*, 12(2), 137-158.