

ISSN 0716-8756



# INFORMACION TECNOLOGICA

REVISTA INTERNACIONAL

---

## SEPARATA



*Plaza de Armas, La Serena - Chile*

---

# Situación Actual de la Reconstrucción 3D de Dibujos Lineales

**A. Piquer y P. Company**

Univ. Jaime I, Dpto. de Tecnología, Avda. Sos Baynat s/n, Campus de Riu Sec,  
12071 Castellón-España (e-mail: Ana.Piquer@uji.es)

---

## Resumen

En este trabajo se recopilan los trabajos sobre reconstrucción tridimensional de dibujos lineales publicados durante los últimos treinta años, realizándose un estudio crítico de los diferentes métodos y las tendencias actuales. Se propone un nuevo criterio general de clasificación de todos los trabajos existentes hasta la fecha y se analizan las influencias que unos métodos tienen sobre los otros. Se analizan las principales tendencias que siguen los autores. Se observa como toman fuerza las tendencias perceptivas, aunque sin dejar de lado la rigurosidad matemática necesaria para abordar el tema de la reconstrucción 3D de dibujos lineales.

## State of the Art of 3D Reconstruction of Line-Drawings

### Abstract

The present study summarizes the studies made on the three-dimensional reconstruction of linear drawings over the last thirty years, making a critical evaluation of different methods and current tendencies. A new general criterion is proposed for the classification of all the studies existing to date, and the influences that some methods have on other proposals, are analyzed. Principal trends followed by authors in the literature are analyzed. It is observed that perceptive tendencies are becoming stronger although without discarding the mathematical rigor required to address the subject of 3D reconstruction of line-drawings

*Keywords: three-dimensional reconstruction, artificial vision, line drawings, 3D models*

## INTRODUCCIÓN

En los primeros borradores de un diseño las formas son vagas y las dimensiones proporcionalmente aproximadas a las que se desea para el diseño final. Los croquis permiten expresar formas sin atarse a criterios geométricos estrictos, y los bocetos permiten expresar ideas parciales o inacabadas (dibujos incompletos). Ese es el lenguaje que se utiliza normalmente cuando se dibujan objetos que aún no están totalmente definidos para sintetizar nuevos diseños. Es por ello, que los ingenieros y diseñadores en las fases conceptuales del diseño necesitan herramientas muy flexibles. Una de las materias en continuo desarrollo que intenta ayudar en estos primeros pasos del diseño es la Reconstrucción Tridimensional.

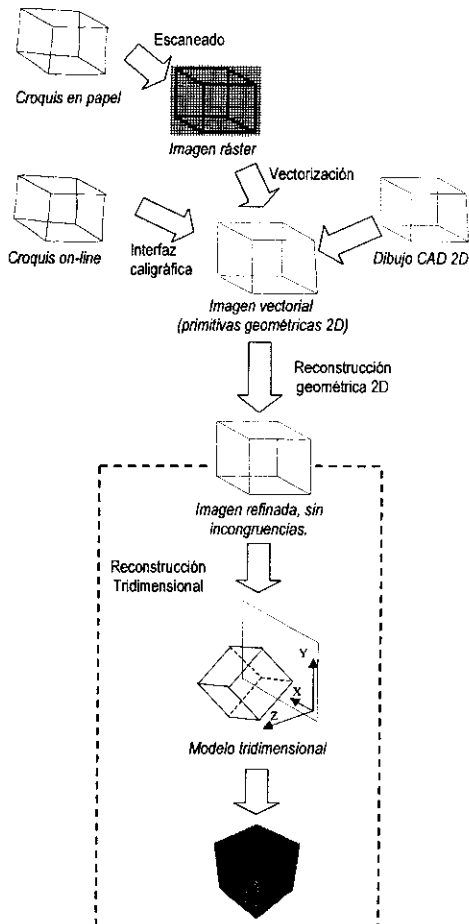


Fig. 1: Fases de la reconstrucción de dibujos de ingeniería

La Reconstrucción Tridimensional se sitúa dentro del área de la Interpretación de Dibujos Lineales; enmarcado dentro del Análisis Gráfico de Documentos. En concreto, la Reconstrucción Tridimensional de dibujos lineales estudia los métodos necesarios para convertir un dibujo lineal bidimensional en el modelo tridimensional que un ser humano interpretaría (fig. 1). Así, el objetivo principal de la Reconstrucción 3D de dibujos lineales es obtener un modelo a partir de un boceto, es decir, intenta emular la capacidad que los seres humanos poseen para ver el mismo modelo 3D cuando se les muestra una imagen 2D. Este objetivo general se concibe como un paso necesario para alcanzar el objetivo más ambicioso de generar un lenguaje gráfico de comunicación entre el ser humano y el ordenador. En concreto, se centra en la comunicación entre el diseñador/proyectista y las aplicaciones CAD.

En este artículo se muestra el resultado de una búsqueda bibliográfica intensiva en el ámbito de la reconstrucción de dibujos lineales. Se han analizado los trabajos y como conclusión, además de validar varios de los criterios ya establecidos por otros autores, se propone un nuevo criterio general de clasificación de todos los trabajos de reconstrucción hasta la fecha. Además, se analizan las tendencias y las influencias de los trabajos de unos autores frente a otros, y éstas se muestran resumidas en gráficas. También se ofrece una tabla resumen que engloba los aspectos diferenciadores más destacables.

## ANTECEDENTES

Desde un primer momento siempre han habido dos vertientes que están bien definidas dependiendo de la representación elegida para los datos de entrada al proceso:

- Los enfoques que tienen como dibujo de partida una única vista. Ésta puede ser una representación axonométrica o una perspectiva cónica del objeto que se quiere representar,
- Los enfoques que tienen como datos de partida más de una vista. Así, se trataría de un dibujo lineal correspondiente a la representación de un objeto en sistema diédrico multi-vista. Estos métodos generalmente limitan las vistas de partida a vistas principales (vistas ortográficas).

Esta clasificación ya fue adoptada en 1993 por

Tabla 1: Métodos de reconstrucción partiendo de vista única

Año	Autores	Enfoque						Superficies		Interacción		Representación		Dibujo de entrada		Aristas ocultas		Soluciones			
		Etiquetado	Espacio del gradiente	Programación Lineal	Progresivo	Identificación de primitivas	Regularidades	Planas	Curvas	Si	No	B-rep	CSG	Etiquetado	Perfecto	Pequeñas imprecisiones	Boceto	Si	No	Una	Múltiples
1963	Roberts					*	*		*		*			*				*		*	
1968	Guzmán	*					*		*		*			*				*		*	
1971	Huffman	*					*		*		*			*				*		*	
	Clowes	*					*		*		*			*				*		*	
1973	Mackworth		*				*		*		*			*				*		*	
1975	Waltz	*					*		*		*			*				*		*	
1978	Sugihara	*					*		*		*			*				*		*	
1980	Kanade	*					*		*		*			*				*		*	
1982	Sugihara				*		*		*		*			*				*		*	
1986	Sugihara				*		*		*		*			*				*		*	
1987	Malik	*					*		*		*			*				*		*	
	Weï		*				*		*		*			*				*		*	
1989	Wang y Grinstein					*	*		*		*			*				*		*	
1990	Lamb y Bandopahay				*		*		*		*			*				*		*	
1991	Marill					*	*		*		*			*				*		*	
	Wang					*	*		*		*			*				*		*	
1992	Leclerc y Fischler					*	*		*		*			*				*		*	
	Wang y Grinstein					*	*		*		*			*				*		*	
1993	Marti et al.	*					*		*		*			*				*		*	
	Branco et al				*		*		*		*			*				*		*	
1994	Shimshoni y Ponce				*		*		*		*			*				*		*	
	Grimstead y Martin				*		*		*		*			*				*		*	
1995	Grimstead y Martin				*		*		*		*			*				*		*	
	Lipson y Shpitalni					*	*		*		*			*				*		*	
1996	Parodi					*	*		*		*			*				*		*	
	Brown y Wang					*	*		*		*			*				*		*	
1999	Company et al					*	*		*		*			*				*		*	
2000	Varley and Martin (a-c)				*		*		*		*			*				*		*	
2001	Varley and Martin (d)	*					*		*		*			*				*		*	
2004	Company et al					*	*		*		*			*				*		*	

por Wang y Grinstein, quienes ofrecieron una buen estado del arte hasta ese momento. En el caso de reconstrucción a partir del sistema multivista, el siguiente nivel de clasificación lo realizaron en función de la representación final del modelo sólido. En este punto Wang y Grinstein siguen la clasificación que en su momento ofrecieron Nagendra y Gujar (1988), quienes también hicieron una recopilación bibliográfica del tema; pero únicamente desde el enfoque que parte de vistas múltiples.

En el caso de la reconstrucción partiendo de una única vista, el siguiente nivel de la clasificación hecha por Wang y Grinstein (1993) no se basa en el tipo del modelo resultante, sino en el enfoque aplicado para reconstruir. Por ello, distingue entre etiquetado, espacio del gradiente, programación lineal, perceptual e identificación de primitivas.

## RESUMEN DE LA CLASIFICACIÓN

De la literatura recogida sobre Reconstrucción de Modelos 3D se ha realizado un resumen en forma de dos tablas, diferenciando en cada una los algoritmos cuyo punto de partida es una única imagen (Tabla 1) o múltiples vistas (Tabla 2). En ellas se pueden observar las tendencias a través del tiempo de los algoritmos desarrollados, además de mostrar un resumen claro y rápido de las principales características de cada algoritmo.

Dentro de esta clasificación se han dividido los algoritmos de reconstrucción partiendo de vistas múltiples según el tipo de representación final que ofrezcan, si se trata de Geometría Constructiva de Sólidos (CSG) o si es un objeto limitado por superficies (Boundary-Representation).

La clasificación de los algoritmos de reconstrucción partiendo de una única vista se ha realizado basándose en el enfoque que el autor le ha dado al algoritmo.

A continuación se estudian por separado los criterios de clasificación de los métodos de reconstrucción tridimensional que se han incluido en las tablas resúmenes.

#### Tipos de superficies

El tipo de superficies que es capaz de reconstruir un sistema es fundamental para comprobar la versatilidad de una aplicación.

En la tabla-resumen se ha distinguido entre algoritmos que aceptan en sus soluciones modelos sólidos sólo formados por superficies planas, frente a los que aceptan superficies curvas. Es decir, que se distingue entre reconstrucción de objetos poliédricos y el resto.

Claro está que es mucho más difícil realizar la reconstrucción de superficies curvas, y por eso mismo la mayoría de autores que lo han intentado se han limitado a reconstruir los tipos más sencillos de superficies curvas: figuras de revolución o extruidas con su eje perpendicular a uno de los planos de proyección,

cuádricas y poco más. Es decir, han acabado reconstruyendo casos particulares de superficies curvas.

#### Interacción

La interacción se refiere principalmente a quién toma las decisiones críticas. Si el enfoque que se le está dando al problema es obtener una aplicación automática, o se pretende construir una herramienta amigable para que el diseñador construya el modelo con ayuda del ordenador.

#### Representación de líneas ocultas en 2D

La diferencia fundamental respecto a la consideración de las aristas ocultas estriba en que los algoritmos que aceptan aristas ocultas como datos de partida –ya sean identificados como líneas ocultas o simplemente como líneas-. Es decir los objetos dibujados con aristas ocultas poseen completa su topología.

Por su parte, hay un grupo de autores que consideran como dibujo de partida la proyección de un objeto opaco, en el que no se muestran las líneas ocultas. En este caso la reconstrucción debe abordar un segundo problema que es el de determinar la topología tra-

Tabla 2: Métodos de reconstrucción partiendo de vistas múltiples

Año	Autores	Superficies		Interacción		Representación			Dibujo de Entrada		Aristas Ocultas		
		Planas	Curvas	Si	No	B-rep	CSG	Etiquetado	Perfecto	Pequeñas imprecisiones	Boceto	Si	No
1973	Idesawa	*			*	*			*			*	
1981	Wesley y Markowsky	*			*	*			*			*	
1982	Haralick y Queeney	*			*	*			*			*	
1983	Sakurai	*	*	*		*			*			*	
	Aldefeld	*	*		*	*	*		*			*	
1984	Preiss	*	*	*	*	*			*			*	
	Aldefeld y Richter	*	*	*		*	*		*			*	
1986	Gu et al	*	*		*	*			*			*	
1988	Chen y Perng	*	*	*		*	*		*			*	
1989	Gujar y Nagendra	*			*	*			*			*	
1992	Chen et al	*	*		*	*			*			*	
1993	Meeran y Pratt	*	*		*	*	*		*			*	
1994	Yan et al	*			*	*	*		*			*	
1995	Ah-Soon y Tombre	*	*		*	*	*		*			*	
	Lysak et al	*	*		*	*	*		*			*	
1996	You y Yang	*	*		*	*			*			*	
1997	Masuda y Numao	*	*		*	*	*		*	*		*	
	Shum et al	*	*	*		*	*		*			*	
	Kuo	*	*		*	*	*		*			*	
1998	Shin y Shin	*	*		*	*	*		*	*		*	
	Tanaka et al	*	*		*	*	*		*	*		*	
1999	Suh et al	*			*	*	*		*			*	
	Sastry et al	*		*		*	*		*			*	

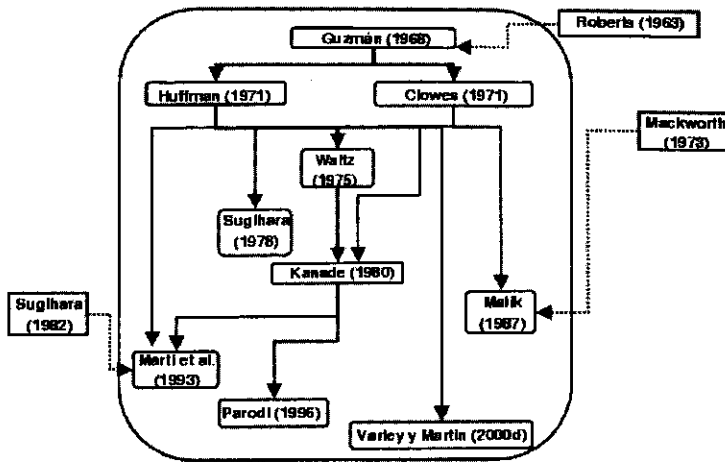


Fig. 2: Evolución de las contribuciones al método del etiquetado.

sera del objeto, después de haber reconstruido la parte frontal del mismo.

### ENFOQUES DE RECONSTRUCCIÓN DES-DE VISTA ÚNICA

En la reconstrucción tridimensional que toma como dato de partida una única vista, se han diferenciado seis enfoques diferenciados:

- enfoque del etiquetado de líneas
- enfoque del espacio del gradiente
- enfoque basado en programación lineal
- enfoque progresivo
- enfoque basado en la identificación de primitivas
- enfoque de las regularidades

Los métodos basados en el *etiquetado* de líneas (fig. 2), más que *reconstruir* son una forma de *interpretar* los dibujos lineales, puesto que se trata de métodos de asignación de significado a las líneas. El procedimiento utilizado por estos métodos se basa fundamentalmente en observar la disposición de las aristas del dibujo en una de sus uniones y compararla con un diccionario de uniones previamente establecido. Dependiendo del tipo de unión de la que se trate, las líneas que convergen en esta unión serán etiquetadas de un modo u otro.

El *espacio del gradiente* es un subespacio 2D del espacio dual, que geoméricamente corresponde con la proyección de los elementos del espacio dual sobre un plano con el centro de proyección en el origen de coordena-

das del espacio dual. Así, el método del *espacio del gradiente* (fig. 3) surge de la afirmación de que hay una relación entre el gradiente de una superficie poliédrica y las líneas en su proyección ortográfica. De esta relación se define una figura recíproca del dibujo de entrada en el espacio dual, de forma que se construye un grafo dual dibujando un vértice

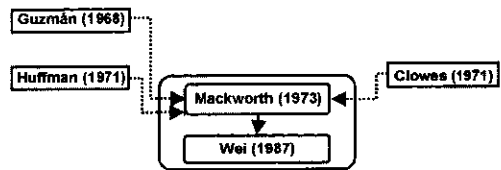


Fig. 3: Evolución de las contribuciones al método del espacio gradiente.

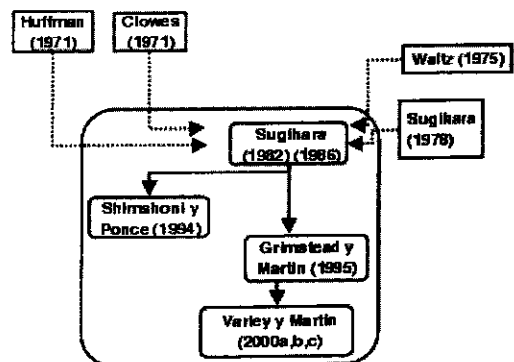


Fig. 4: Evolución de las contribuciones al método de la programación lineal.

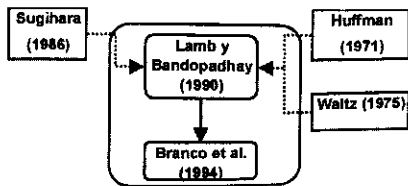


Fig. 5: Evolución de las contribuciones al método de la programación lineal.

por cada cara del grafo original; y por cada línea del grafo original que separa dos caras, en el grafo dual se dibuja una línea uniendo los dos vértices del grafo dual que representan a las dos caras.

En el método de la *programación lineal* (fig.4), a partir de las entidades geométricas de la imagen (vértices, aristas, ...) se formulan las condiciones geométricas que las ligan. El conjunto de condiciones da lugar a un sistema de ecuaciones e inecuaciones que se resuelve mediante programación lineal. La resolución del mismo ofrece el modelo tridimensional buscado.

El *enfoque progresivo* (fig.5) reconstruye poliedros partiendo del boceto realizado en sistema axonométrico mediante la utilización de reglas heurísticas y algunas perceptuales. Uno de los principales objetivos de este enfoque es reconstruir la estructura 3D de modo automático y sólo cuando las reglas utilizadas fallan, es el usuario quien debe decidir cómo retomar el proceso.

La *identificación de primitivas* (fig. 6) reconstruye modelos mediante el reconocimiento de primitivas conocidas, como es un cubo, un bloque, un cilindro, etc. Este enfoque está limitado principalmente por la naturaleza de los objetos que es capaz de reconocer, puesto que asume que el objeto tridimensional representado está completamente compuesto por primitivas conocidas. Una segunda limitación es que asume que el dibujo es totalmente perfecto. Sin embargo tiene el bene-

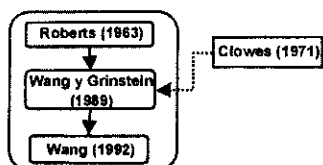


Fig. 6: Evolución de las contribuciones al método de la identificación de primitivas.

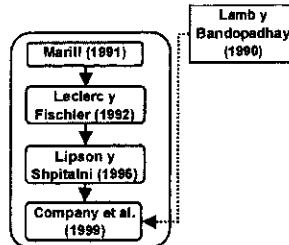


Fig. 7: Evolución de las contribuciones al método de la optimización de regularidades.

ficio que la estructura tridimensional final es un modelo de geometría constructiva de sólidos (CSG).

El *enfoque de las Regularidades* se basa en el reconocimiento de ciertas regularidades o rasgos perceptuales en el dibujo de partida. Las *Regularidades* se pueden definir como aquellas propiedades de un modelo que son detectables en la imagen 2D, por ejemplo el paralelismo de líneas, la simetría del modelo o la perpendicularidad de caras. El método de las regularidades (fig.7), generalmente se trata como un problema de optimización en el que la función objetivo se expresa como suma de las contribuciones de cada una de las regularidades. Esta función llegará a ser cero cuando todas las regularidades sean cumplidas por completo en el modelo 3D.

## RECONSTRUCCIÓN DESDE VISTAS MÚLTIPLES

Como se desprende de la sección anterior, la mayoría de los estudios realizados hasta el momento sobre reconstrucción partiendo de una única vista se basan en el estudio del grafo resultado de proyectar un objeto. Mientras, los enfoques de reconstrucción partiendo de vistas múltiples, - debido precisamente a los datos de partida,- tienen una base totalmente diferente y se puede decir que en general son problemas de emparejamiento. Es decir, los vértices o contornos proyectados en cada una de las vistas de la representación inicial deben ir emparejándose para identificar cuáles son los que pertenecen a un mismo vértice o superficie del modelo tridimensional.

Un estado del arte bastante detallado sobre la reconstrucción tridimensional de sólidos desde múltiples vistas es suministrado por Nagendra y Gujar (1988) y posteriormente por Wang y Grinstein (1993). En la figura 8 se pre-





Reconstrucción 3D. Esta idea de que no hay que intentar encontrar información únicamente en el grafo, sino que también hay que aportar conocimientos psicológicos de los seres humanos va siendo cada vez más aceptada por la comunidad de estudiosos de la reconstrucción de modelos 3D en los años noventa. Es por ello que por la misma época aparecen dos nuevos enfoques: el enfoque progresivo y el enfoque de las regularidades. Estos dos enfoques se irán desarrollando posteriormente, y mostrarán la importancia en aumento de las reglas de la percepción visual humana y de su formulación (Piquer et. al, 2003 y Company et al, 2004).

Por supuesto, estos enfoques perceptuales no son puros; combinan la información geométrica que se pueda obtener del grafo de partida con los conocimientos psicológicos, pero son los psicológicos los que predominan.

## CONCLUSIONES

El artículo ofrece una clasificación clara de los trabajos sobre reconstrucción tridimensional de dibujos lineales realizados hasta la fecha. De esta clasificación se desprende que la idea de que el problema de la reconstrucción es complejo.

Así, por los enfoques de los últimos años se puede concluir que: por una parte la geometría por sí sola, es incapaz de resolver el problema (porque no hay correspondencia biunívoca entre imágenes 2D y modelos 3D), y por otra parte, la percepción visual está poco estudiada y es poco susceptible de formulaciones algorítmicas.

Por lo anterior, todos los autores se han apoyado en ambos enfoques (geométrico y perceptual) para elaborar sus métodos. A pesar de que la preponderancia de uno de los dos enfoques no siempre ha sido explícita, ésta ha condicionado las características de todos los métodos conocidos. Así la falta de una utilización clara y eficiente de aportaciones provenientes de uno de los dos enfoques ha limitado las prestaciones de muchos de los métodos propuestos.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece el soporte de la *Fundació Caixa Castelló-Bancaixa* y la *Universitat Jaume I* (Proyecto P1-1B2002-08, titulado "Del Boceto al Modelo").

## REFERENCIAS

Ah-Soon, C. y K.A. Tombre, Step Towards Reconstruction of 3-D CAD Models, Proc. of Third Int. Conference on Document Analysis and Recognition, Montréal: 331-334 (1995).

Aldefeld, B., On Automatic Recognition of 3D Structures from 2D Representations, Computer Aided Design: 15(2), 59-64 (1983).

Aldefeld, B. y H. Richter, Semiautomatic Three-Dimensional Interpretation of line Drawings, Computer & Graphics: 8(4), 371-380 (1984).

Branco, V., A. Costa, y F. Nunes, Sketching 3D models with 2D interaction devices, Eurographics 94: 13(3), C489-C502 (1994).

Brown, E. y P.S. Wang, Three-dimensional object recovery from two-dimensional images: a new approach, Proc SPIE 2904, Intelligent Robots and Computer Vision XV: Algorithms, Techniques, Active Vision, and Materials Handling, 138-147 (1996).

Chen, Z. y D. Perng, Automatic reconstruction of 3-D solid objects from 2-D orthographic views, Pattern Recognition: 21, 439-449 (1988).

Chen, Z. y otros 3 autores, Fast reconstruction of 3D mechanical parts from 2D orthographic views with rules, Computer Integrated Manufacturing: 5(1), 2-9 (1992).

Clowes, M.B., On seeing things, Artificial Intelligence: 2(1), 79-112 (1971).

Company, P., M. Contero, J. Conesa y A. Piquer, An optimisation-based reconstruction engine for 3D modeling by sketching, Computer & Graphics, (2004) (en prensa).

Company, P., J.M. Gomis y M. Contero, Geometrical Reconstruction from Single Line Drawings Using Optimization-Based Approaches, WSCG99, (1999).

Grimstead, I.J. y R.R. Martin, Creating solid models from single 2D sketches, Proc. Third Symp. On Solid Modeling Applications, ACM Siggraph: 323-337 (1995).

Grimstead, I.J. y R.R. Martin, Incremental Line Labelling for Sketch Input of Solid Models, Computer Graphics Forum: 15(2), 155-166 (1996).

Gu, K., Z. Tang y J. Sun, Reconstruction of 3D Objects from Orthographic Projections, *Computer Graphics Forum*:5, 317-324 (1986).

Gujar, U.G. y I.V. Nagendra, Construction of 3D solid objects from orthographic views, *Computer & Graphics*: 13(4), 505-521 (1989).

Guzmán, A., Decomposition of a visual scene into three-dimensional bodies, *AFIPS American Federation of Information Proc. Fall Joint Computer Conference*: 33, 291-304 (1968).

Haralick, R.M. y D. Queeney, Understanding Engineering drawings, *Computer Graphics and Image Processing*: 20, 244-258 (1982).

Huffman, D.A., Impossible objects as non-sense sentences, *Machine Intelligence*: 6, B. Meltzer and D. Michie. Edinburgh University Press, Edinburgh, UK, 259-323 (1971).

Idesawa, M., A system to generate a solid figure from three views, *JSME Bulletin*: 16, 216-225 (1973).

Kanade, T., A theory of origami world, *Artificial Intelligence*: 13(3), 279-311 (1980).

Kuo, M. H., Reconstruction of quadric surface solids from three-view engineering drawings, *Computer Aided Design*: 30(7), 517-527 (1998).

Lamb, D. y A. Bandopadhyay, Interpreting a 3D object from a rough 2D line drawing, *Proc. of Visualization'90*: 59-66 (1990).

Leclerc, Y. y M. Fischler, An Optimization-Based Approach to the Interpretation of Single Line Drawings as 3D Wire Frames, *Int. J. of Computer Vision*: 9(2), 113-136 (1992).

Lipson, H. y M. Shpitalni, Optimization-Based Reconstruction of a 3D Object from a Single Freehand Line Drawing, *Computer Aided Design*: 28(8), 51-663 (1996).

Lysak, D.B., P.M. Devaux y R. Kasturi, View labeling for automated interpretation of engineering drawings, *Pattern Recognition*: 28(3), 393-407 (1995).

Mackworth, A.K., Interpreting pictures of polyhedral scenes, *Artificial Intelligence*: 4, 121-137 (1973).

Malik, J., Interpreting line drawings of curved objects, *Int. J. of Computer Vision*: 1, 73-103 (1987).

Marill, T., Emulating the Human Interpretation of Line-Drawings as Three-Dimensional Objects, *Int. J. of Computer Vision*: 6(2), 147-161 (1991).

Martí, E. y otros 3 autores, Hand line drawing interpretation as three-dimensional objects, *Signal Processing*: 32, 91-110 (1993).

Masuda, H y M. Numao, A cell-based approach for generating solid objects from orthographic projections, *Computer Aided Design*: 29(3), 177-187 (1997).

Meeran, S y M.J. Pratt, Automated feature recognition from 2D drawing, *Computer Aided Design*: 25(1), 7-17 (1993).

Nagendra I.V. y U.G. Gujar, 3-D Objects from 2-D Orthographic Views - A survey, *Computer & Graphics*: 12(1), 111-114 (1988).

Parodi, P., The complexity of understanding line drawing of Origami scenes, *Int. J. of Computer Vision*: 18(2), 139-170 (1996).

Piquer, A., R.R. Martín y P. Company, Using skewed mirror symmetry for optimisation-based 3D line-drawing recognition, *Fifth IAPR Int. Workshop on Graphics Recognition, Barcelona, Spain*: 182-193 (2003).

Preiss, K., Constructing the solid representation from engineering projections, *Computer & Graphics*: 8(4), 381-389 (1984).

Roberts, L.G., Machine Perception of Three-Dimensional Solids, Tesis de Massachusetts Institute of Technology Certified by Peter Elias (Thesis Supervisor), June (1963).

Sakurai, Solid Model Input through orthographic views, *Computer and Graphics*: 17(3), 243-252 (1983).

Sastry, D.S., N. Sasmal y A. Mukerjee, Efficient Categorization of 3D Edges from 2D Projections, *Graphics Recognition Conference GREC'99, Jaipur, India* (1999).

Shimshoni, I. y J. Ponce, Recovering the shape of Polyhedra Using Line-Drawing Analysis and Complex reflectance Models, *Proc. IEEE Conf. Computer Vision and Pattern Recognition*: 514-519 (1994).

Shin, B.S. y Y.G. Shin, Fast 3D solid model reconstruction from orthographic views, *Computer Aided Design*: 30(1), 63-76 (1998).

Shum, S.S.P. y otros 3 autores, Solid Reconstruction from Orthographic Opaque Views Using Incremental Extrusion, *Computer & Graphics*: 21(6), 787-800 (1997).

Sugihara, K., *Machine Interpretation of Line Drawing*, MIT Press ISBN: 0-262-19254-3 (1986).

Sugihara, K., Mathematical structures of line drawings of polyhedrons-towards man machine communication by means of line drawings, *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*: 4, 458-469 (1982).

Sugihara, K., Picture language for skeletal polyhedra, *Computer Graphics Image Processing*: 8, 382-405 (1978).

Suh, T.J., W.S. Kim y C.H. Kim, Two Phase 3D Object Reconstruction from Two-View Drawings, *Image Processing, Computer Graphics and Pattern Recognition*: E82-D(7), 1093-1100 (1999).

Tanaka, M y otros 3 autores, Descomposition of a 2D assembly drawing into 3D part drawings, *Computer Aided Design*: 30(1), 37-46 (1998).

Varley, P.A.C. y R.R. Martin, A System for Constructing Boundary Representation Solid Models from a Two-Dimensional Sketch – Frontal Geometry and Sketch Categorisation, *Workshop on Geometric Modeling and Computer Graphics* (2000a).

Varley, P.A.C. y R.R. Martin, A System for Constructing Boundary Representation Solid Models from a Two-Dimensional Sketch – Topology of Hidden Parts, *Workshop on Geometric Modeling and Computer Graphics* (2000b).

Varley, P.A.C. y R.R. Martin, A System for Constructing Boundary Representation Solid Models from a Two-Dimensional Sketch – Geometric Finishing, *Workshop on Geometric Modeling and Computer Graphics* (2000c).

Varley, P.A.C. y R.R. Martin, The junction catalogue for labelling line drawings of polyhedra with tetrahedral vertices, *Int. J. of Shape Modeling* (2000d).

Waltz, D.L., Understanding line drawings of scenes with shadows, In P.H. Winston ed. *The Psychology of Computer Vision*: 19-91. McGraw-Hill, New York (1975).

Wang, W y G. Grinstein, A Survey of 3D Solid Reconstruction from 2D Projection Line Drawings, *Computer Graphics Forum*: 12(2), 137-158 (1993).

Wang, W.D., On the automatic reconstruction of a 3D object's constructive solid geometry representation from its 2D projection line drawing, D.Sc Thesis, University of Massachusetts, Lowell, MA (1992).

Wang, W.D. y G. Grinstein, A polihedral object's CSG-Rep reconstruction from a single 2-D line drawing, *Proc. of SPIE Intelligence Robots and Computer Vision III: Algorithms and Techniques*: 1192, 230-238 (1989).

Wei, X., *Computer Vision Method for 3D Quantitative Reconstruction from a Single Line Drawing*, PhD Thesis, Departament of Mathematics, Beijing University, China (escrita en Chino, para una revisión en inglés ver el artículo de Wang y Grinstein de 1993) (1987)

Wesley, M.A. y G. Markowsky, *Fleshing Out Projections*, *IBM J. of Research and Development*: 25(6), 934-954 (1981).

Yan, Q.W., C.L. Chen y Z. Tang, Efficient algorithm for the reconstruction of 3D objects from orthographic projections, *Computer Aided Design*: 26(9), 699-717 (1994).

You, C.F. y S.S. Yang, Reconstruction of Curvilinear Manifold Objects from Orthographic Views, *Computer & Graphics*: 20(2), 275-293 (1996).

## **INFORMACION TECNOLOGICA**

Revista Internacional Arbitrada  
Indizada en Indices Internacionales

Edita:

Centro de Información Tecnológica (CIT)  
c/ Monseñor Subercaseaux 667 - Casilla 724  
Teléfono: 56-51-210496 Fax: 56-51-210496  
La Serena - Chile