

## PROGRAMACIÓN DE MOVIMIENTOS EN MODELOS VIRTUALES DE ARQUITECTURA

RODRIGO GARCÍA ALVARADO

Estudiante de Doctorado del Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica I

Universidad Politécnica de Cataluña

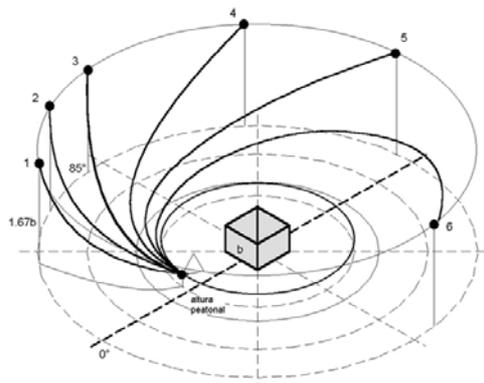
Barcelona - España

[www.upc.edu/ega1](http://www.upc.edu/ega1)

### Introducción.

Los modelos virtuales permiten exponer obras arquitectónicas de una manera más dinámica y realista. Sin embargo, no apoyan mayormente la definición de movimientos del punto de vista, por lo que usualmente se realizan recorridos confusos y apresurados. La experiencia del cine podría contribuir a definir más apropiadamente estas presentaciones (como lo han sugerido Bridges, 1993; Saas, 1995 y Rafi, 1998, entre otros). Por esta razón, en una tesis doctoral sobre antecedentes cinematográficos para animaciones arquitectónicas, estamos estudiado especialmente las posiciones y desplazamientos de cámaras. Analizando segmentos de películas históricas, documentales de edificios y presentaciones digitales premiadas. En las cuales se ha restituido planimétricamente la ubicación y trayectoria de los puntos de vista, registrando sus condiciones geométricas y perceptuales. Este estudio ha revelado una notable variedad y regularidad de los desplazamientos, que otorgan una presentación expresiva de los ambientes expuestos.

Con el fin de implementar estas posibilidades en un sistema de modelación virtual estamos elaborando un programa que define características gráficas y movimientos en presentaciones arquitectónicas. Permitiendo la creación y animación de cámaras, con interpolación de posiciones de acuerdo a referencias volumétricas para realizar desplazamientos similares a los estudiados. La programación elaborada se está evaluando en modelos patrimoniales, con el fin de ajustar los supuestos considerados y lograr un apoyo efectivo a la visualización de modelos arquitectónicos virtuales.



### Desplazamientos Cinematográficos.

Las obras estudiadas previamente corresponden a películas de diferentes épocas que han destacado por los espacios exhibidos; *"Intolerancia"* de 1916, *"Metrópolis"* de 1927, *"Ciudadano Kane"* de 1941, *"Mi Tío"* de 1958, *"2001, Odisea en el Espacio"* de 1968, *"Bladerunner"* de 1982, *"Desafío Total"* de 1990 y *"Episodio II – Ataque de los Clones"* del 2002. En estas obras se analizaron escenas que mostraban por primera vez un espacio relevante. También se estudiaron documentales que presentan edificios históricos; la Ville Savoye de Le Corbusier, la Basílica de San Marcos de Venecia, la Iglesia en el Agua de Tadao Ando, el Palacio de Oriente en Madrid, el Castillo Real de Praga y la Casa Robie de Frank Lloyd Wright. Así como animaciones de modelos virtuales que han sido reconocidas en eventos internacionales, las cuales presentan el Pabellón de la República de J.L.Sert, al proyecto de un Centro Carretero de S. James, una Residencia Urbana de T. Maeda, la reconstrucción del Edificio de Seguros de F.L.Wright, el proyecto de la Iglesia Cristiana Rockbridge, y el corto *"Cathedral"* de la compañía Platige. Identificando las tomas realizadas y mediante la restitución perspectiva (según el método expuesto en Villanueva; 1996, pg. 145), determinando la posición de las cámaras y sus trayectorias en plantas y alzados de los ambientes mostrados.



Fig.2. Tomas del Segmento de "Ciudadano Kane" (1941).

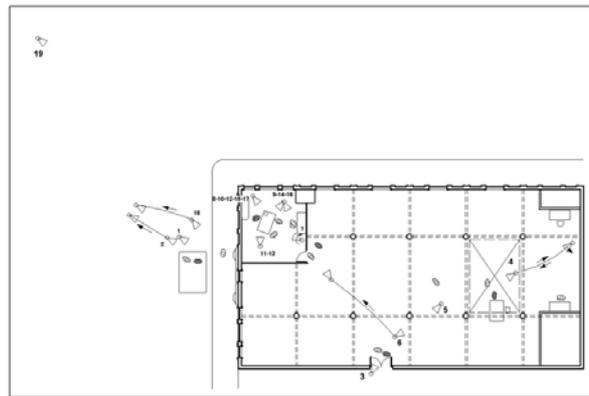


Fig. 3. Restitución de las Tomas de "Ciudadano Kane".

Las secuencias analizadas poseen en general una duración de dos a tres minutos con una veintena de tomas distintas. Lo que implica una variedad de vistas de la obra, antes que una presentación continua. Se identificó además que las cámaras se localizan a distancias regulares de los elementos expuestos, en magnitudes equivalentes a 0,2, 0,7 o 2 veces el ancho, que corresponden a una toma de detalle, parcial o completa (similar a la distinción entre planos cercanos, medianos y lejanos de las películas). En las exhibiciones fílmicas las cámaras tienden a ubicarse en un solo costado del edificio o del recinto (a pesar que muchas veces esta totalmente construido o modelado), con vistas en diagonal y dejando un lado sin exponer como un respaldo perceptual intuitivo. También se reconocieron diversas inclinaciones del punto de vista y alturas con respecto al suelo. Mientras los recorridos digitales utilizan mayormente vistas reiterativas y prolongadas. En estas presentaciones seleccionadas se reconoce principalmente una diversidad visual con relaciones de contenido, en vez de la extensión que es usual en los modelos arquitectónicos virtuales

En las ubicaciones de las cámaras se identificó una clara ordenación entre exteriores e interiores, y en éstas últimas, una concentración en un solo recinto o elementos relevantes. Aparentemente con el fin de mantener una orientación espacial básica y dirigir la atención en la diversidad formal y cualidades espaciales. Los desplazamientos del punto de vista demostraron en general ser limitados y vinculados más al dinamismo de la imagen que a la descripción geométrica como los movimientos de caminata (walk-through) o sobre-vuelo (fly-over) que se realizan en los sistemas digitales. Utilizando una diversidad de direcciones y rotaciones visuales, correspondientes a las tipologías fílmicas de panorámica, dollies o travelling, con duraciones reducidas y trayectorias regulares en relación con las obras expuestas.

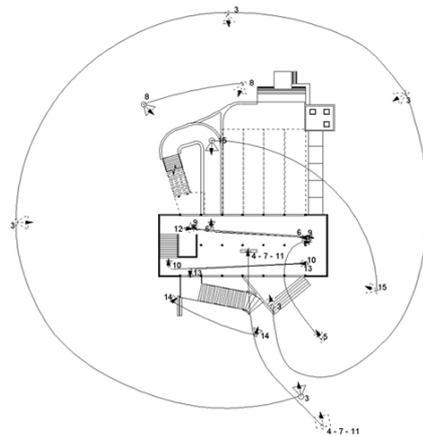


Fig. 4. Restitución de Tomas en el Pabellón de la República (SOFT, 1992).

En los movimientos exteriores se advirtieron especialmente en los modelos virtuales algunas vistas completas en torno al edificio (orbitales), ocasionalmente reduciendo la distancia y altura (en curvas helicoidales). En las exhibiciones fílmicas se identificaron más frecuentemente desplazamientos en trozos de arcos, centrados en la obra, para mostrar brevemente una esquina, así como, aproximaciones parciales, con una dirección inclinada o curva con respecto a las fachadas. Es decir, recorridos breves que exhiben partes de la obra destacando su volumetría. Exponiendo escasamente el acceso al edificio y realizando rotaciones del punto de vista sin desplazamientos, relacionando fachadas o espacios contiguos. También se efectúan descensos del punto de vista o presentaciones de algunos detalles.

En los movimientos interiores se identificaron principalmente traslaciones frontales cortas, con la dirección visual inclinada con respecto a la trayectoria. Además, desplazamientos laterales rectos o en curva. Es decir, tomas reducidas que enfatizan la profundidad espacial. En ciertos casos, con circulaciones centrales por los recintos que finalizan con un giro posterior, ascensos por escaleras o panorámicas horizontales. En algunos modelos digitales se exhiben largamente los recintos interiores, pero agobian con vistas similares que escasamente permiten entender la organización espacial.

Las velocidades presentaron una notable similitud a pesar que es un aspecto escasamente definido en los medios cinematográficos y difícil de controlar en los programas de modelación virtual. Las vistas interiores revelaron velocidades cercanas a la caminata peatonal (aprox. 1 mts./seg.), y las exteriores, a un vehículo pequeño (aprox. 7,5 mt./seg.), a la vez que las rotaciones mostraron un desplazamiento angular equivalente a  $8^\circ/\text{seg.}$ . Estas velocidades se reducen en relación con la distancia con los elementos, es decir, son más lentas al mostrar objetos más cercanos, con el fin de mantener en la imagen un desplazamiento gráfico uniforme, y al contrario, aumentan al alejarse de los elementos.

En general, el análisis de estas presentaciones que recogen la experiencia cinematográfica y el reconocimiento público, demostraron una relevante fragmentación de los movimientos, con una diversidad visual y regularidad espacial, que otorga orientación e interés a las presentaciones visuales.

### **Geometría del Movimiento.**

Con el fin de establecer movimientos generales en modelos virtuales de arquitectura, se definieron posiciones y trayectorias del punto de vista relacionadas con dimensiones básicas de los edificios. A partir de un volumen exterior de referencia, correspondiente al perímetro general de la obra, un volumen interior de uno o más recintos relevantes, y de volúmenes de detalles. Para cada movimiento se establecieron localizaciones de cámara como posiciones-clave para efectuar interpolaciones de desplazamiento. Considerando un mínimo de posiciones para facilitar las modificaciones posteriores, pero a la vez con una variación limitada para evitar la excentricidad de los desplazamientos. Debido a que en los modelos virtuales la interpolación de movimientos se realiza por funciones paramétricas polimoniales (curvas tipo Bezier o Spline cúbica), las cuales producen una desviación significativa en secuencias de posiciones diferentes, por ejemplo en los giros de circulaciones, generando distorsiones en las visualizaciones arquitectónicas (como se reconoce en Bartlett, 1996 y Autodesk, 2000).

De este modo, a partir de las relaciones de localización, trayectoria y velocidad, se efectúa un trazado geométrico de los movimientos (en planta y alzado) que permite situar posiciones regulares del punto de vista. Las cuales se pueden definir en el sistema de coordenadas X,Y,Z del modelo virtual, de manera proporcional a las medidas de los volúmenes de referencia y relativas al punto medio de ubicación. En el desarrollo en el tiempo, se convierte la longitud en magnitudes temporales de acuerdo a las velocidades identificadas para una tasa de reproducción determinada (en este caso, 15 cuadros por segundo). Así mismo el objetivo del punto de vista, que establece la dirección visual, se localiza con similares referencias geométricas.

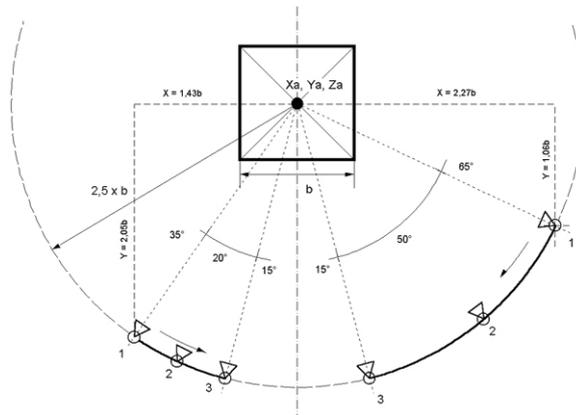


Fig.5. Trazado de Movimientos Exteriores Curvos.

Cámara	X	Y	Z	T
1	$Xa+0,65b$	$Ya+2,4b$	$Za+0,3b$	1
2	$Xa+1,6b$	$Ya+1,92b$	$Za+0,3b$	2,2b
3	$Xa+2,27b$	$Ya+1,06b$	$Za+0,3b$	4,4b
Objetivo	$Xa$	$Ya$	$Za+0,3b$	

Tabla 1. Coordenadas de Posición y Tiempo para Mov. Exteriores Curvos.

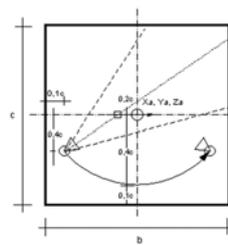


Fig.6. Trazado de un Movimiento Interior Curvo.

Cámara	X	Y	Z	T
1	$Xa-0,4c$	$Ya-0,2c$	$Za+2$	1
2	$Xa$	$Ya-0,4c$	$Za+2$	6c
2	$Xa+0,4c$	$Ya-0,2c$	$Za+2$	12c
Objetivo	X	Y	Z	T
1	$Xa-0,1c$	$Ya$	$Za+1,6$	1
2	$Xa+0,1c$	$Ya$	$Za+1,6$	12c

Tabla 2. Coordenadas de Posición y Tiempo para Mov. Interior Curvo.

Se consideraron posibilidades de movimiento similares a la estudiadas, con diversas disposiciones de altura, inclinación y angulación para incentivar la variedad gráfica, especialmente en las vistas interiores. Manteniendo algunas compensaciones visuales en relación con las inclinaciones y direcciones de los desplazamientos. También se definieron algunas condiciones gráficas generales, como formato, tamaño de la imagen, ángulo visual y posiciones que pueden ser definidos en los modelos virtuales, según las referencias analizadas. Así como recursos preparados para agregar iluminación, desplazar elementos o incorporar las vistas en un sistema de edición, con el fin de apoyar la generalidad del proceso de presentación virtual.

### Programación Virtual.

Se han efectuado algunas programaciones de movimientos del punto de vista en modelos virtuales (por ejemplo Drucker, 1992, He, 1997 y Bares, 1999), pero dedicadas fundamentalmente al seguimiento de personajes en video-juegos. En este caso pretenden ejecutar presentaciones arquitectónicas expresivas y están basadas en condiciones geométricas generales. La programación de movimientos se realizó integrada en un sistema de representación virtual (3D-Studio Max de Discreet Corp.), que es muy utilizado para elaborar modelos arquitectónicos. Ocupando el lenguaje interno del software (Max-Script) con instrucciones que se graban como archivo de texto con terminación “.ms” y se ejecutan internamente (con el comando run script).

El programa contempla tres etapas principales; la definición de encuadre con características gráficas y posición de tomas, movimientos de visualización y edición, siguiendo el proceso general para realizar una presentación. Ofreciendo en cada etapa diversas alternativas y permitiendo posteriormente una amplia modificación, de acuerdo al conocimiento del sistema de modelación. Primeramente se definió una presentación o interfase de las opciones ofrecidas, que se exponen como una ventana sobrepuesta con persianas desplegadas, cuadros de alternativas e íconos gráficos.

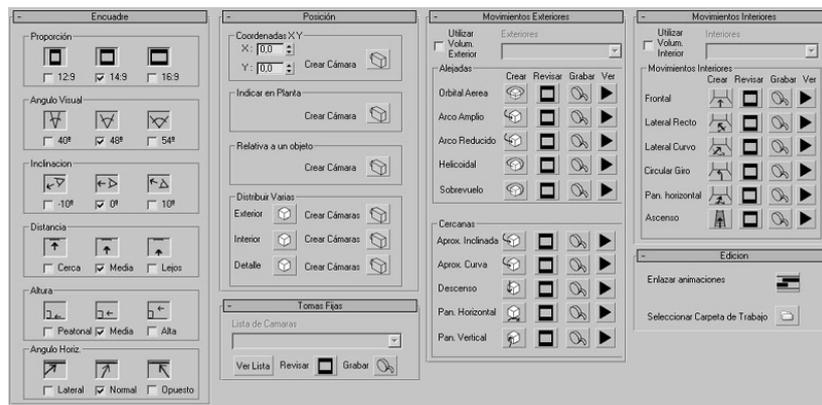


Fig. 7 Presentación Desplegada del Programa.

El código del programa se realizó de manera estructurada, esto es, separando las acciones y ordenándolas en el sentido inverso a su ejecución. De este modo, al comienzo se establecen, luego de los títulos, algunas condiciones generales y variables globales. Las cuales corresponden a estructuras, arreglos y contadores numéricos para almacenar los nombres, cantidades y características de cámaras creadas, con el fin de disponer de diversas posibilidades paralelas. Luego se definen funciones, que consisten en procedimientos específicos ejecutados reiteradamente, que se establecen de manera independiente para reducir la escritura de código. Como la generación de una vista de prueba, la grabación de una animación, realización de un modelo interactivo (en formato VRML), etc.. Las funciones poseen variables locales y una estructura de alternativas múltiples (*case...of*) o alternativa doble condicional (*if...then...else*), con diversas instrucciones de ejecución.

Luego la secuencia principal del programa genera las distintas ventanas (llamadas rollout), con las opciones correspondientes. Definiendo en cada una el proceso de ejecución, modificando variables globales o ejecutando funciones previamente definidas. Incluyendo especialmente la creación de cámaras y posiciones determinadas en el tiempo (en cuadros). Finalmente, en el código del programa se establece la presentación de las ventanas y la ejecución general.

```

Objetivo = Targetobject pos:[Xa, Ya, Za+(0.5*Ancho)]
ArcoReducido = Targetcamera name:nombre fov:camfov nearclip:1 farclip:100 nearrange:0 farrange:100
mpassEnabled:off mpassRenderPerPass:off pos:[Xa-(1.43*Ancho), Ya-(2.05*Ancho), Za+1.6] target:(Objetivo)

animate on
(
/*Posicion 3*/ at time (1)
(ArcoReducido.pos = [Xa-(1.43*Ancho), Ya-(2.05*Ancho), Za+1.6])
/*Posicion 2*/ at time (1.1*Ancho)
(ArcoReducido.pos = [Xa-(1.06*Ancho), Ya-(2.25*Ancho), Za+1.6])
/*Posicion 1*/ at time (2.2*Ancho)
(ArcoReducido.pos = [Xa-(0.65*Ancho), Ya-(2.4*Ancho), Za+1.6])
)

ListaCamarasArcRed[posicion].frameI = 1
ListaCamarasArcRed[posicion].frameF = (2.2*Ancho as integer)
)

```

Tabla 3. Ejemplo de Programación de Cámara y Movimiento.

Este programa, que realiza unas cuarenta acciones con tres o cuatro opciones en cada una de ellas, implica un código de aproximadamente 30 páginas (8.000 palabras). Aunque muchas acciones son validación de instrucciones (comprobar que se han ejecutado acciones previas) y almacenamiento de datos para permitir una utilización flexible. Se debe considerar que estos programas añadidos a un sistema, no pueden ser compilados ni ejecutados de manera independiente. La programación tomó aproximadamente 160 horas de trabajo, obteniendo una apoyo relevante para la visualización en movimiento de modelos virtuales de arquitectura.

#### **Evaluación en Modelos Patrimoniales.**

Con el fin de revisar las condiciones definidas se aplicó la programación de movimientos en tres modelos de obras patrimoniales, generando diferentes presentaciones digitales en cada uno de éstos. Los edificios modelados corresponden a la Acrópolis de Atenas ejecutada aproximadamente en el siglo V a.c., la Ville La Roche diseñada por Le Corbusier en 1923 y el Pabellón de Barcelona, diseñado por Mies Van der Rohe en 1929 (reconstruido posteriormente en 1986). Estas obras corresponden a edificios históricos de reconocido valor patrimonial, en los cuales se ha destacado especialmente su desarrollo espacial (por ejemplo en Choisy; 1899, Le Corbusier y Jeanneret, 1964 y Johnson; 1953) . De este modo, constituyen obras que merecen una difusión amplia y permiten a la vez, comprobar la presentación de modelos virtuales en movimiento.

Para cada obra se realizó una modelación sencilla, con un entorno básico, detalles volumétricos de acuerdo a los planos disponibles en documentos bibliográficos, y con una apariencia general de tonos grises para evitar una simulación realista y concentrarse en la visualización formal. Cada modelo posee aproximadamente unos 20.000 polígonos, seis fuentes de luz y unas pocas texturas, alcanzando aproximadamente 400 kb. en total. En cada modelo se produjeron aproximadamente 60 animaciones y tres modelos interactivos en VRML. Inicialmente con las condiciones pre-determinadas en el programa a partir de volúmenes de referencias, y luego algunas variaciones sencillas de los movimientos y formatos de presentación. La generación de cada animación demora unos minutos por vista, generando varias en unas pocas horas (dependiendo de la capacidad del ordenador), con una dedicación parcial del usuario. Posteriormente el conjunto de animaciones fue editado para elaborar dos o tres presentaciones digitales de cada modelo, utilizando una docena de vistas, con una ordenación específica, títulos y sonidos adicionales. Además se revisaron los modelos VRML. Con el fin evaluar la programación de movimientos en presentaciones completas para difusión general.

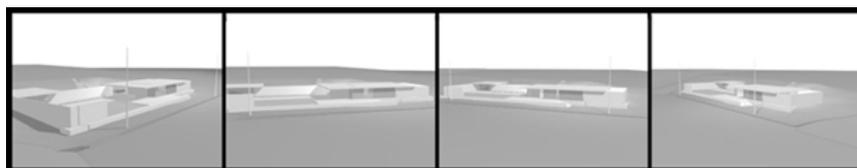


Fig. 8. Vistas del Modelo del Pabellón de Barcelona.



Fig. 9. Modelo Interactivo de la Ville La Roche.

Primero se revisaron las vistas generadas, comprobando que correspondieran a desplazamientos adecuados a los edificios expuestos. Lo que en general fue bastante apropiado, exceptuando en algunos casos las alturas y distancias, que a veces se localizaban distantes de los elementos de interés. Los movimientos mostraron una fluidez relevante que destacaban la configuración tridimensional de la obra con escasas dificultades visuales. Aunque la dispersión y brevedad de las vistas generadas, impiden una comprensión general. También se reconocieron algunas limitaciones para la modificación de movimientos (por ejemplo, no se pueden girar o invertir trayectorias completas). En los modelos VRML (revisados con el browser Cortona) se advirtió una pérdida de la calidad gráfica, pero una notable facilidad de recorrido al poder utilizar alternadamente las diversas vistas con movimientos programados, evitando las dificultades de desplazamiento que son frecuentes en estos modelos. En las presentaciones editadas se revisó la selección y ordenación de tomas, en lo que se advirtió una predilección por vistas invertidas, rotaciones visuales (panorámicas) y animaciones de longitud media.

Con esos antecedentes se está ejecutando un refinamiento de la programación, que considera primero definir alturas de las vistas proporcionales al volumen de referencia, incorporar alternativas de posiciones opuestas, ajustar las medidas consideradas y privilegiar algunas opciones.

### **Conclusiones.**

La programación realizada ha permitido en primer lugar disponer de una ayuda de visualización de modelos arquitectónicos que asume la práctica fílmica y la expresividad gráfica. Demostrando también las posibilidades de los sistemas de modelación virtual para definir automáticamente desplazamientos del punto de vista a partir de referencias geométricas. Lo que incentiva la utilización de estos recursos en la visualización de entornos digitales, especialmente de obras arquitectónicas. Se identificaron además condiciones particulares de movimiento del punto de vista que permiten desarrollar presentaciones efectivas de modelos virtuales.

El trabajo ha comprobado así mismo que la visualización expresiva de modelos virtuales está más relacionada con la variedad gráfica y contenido semántico, que de su desarrollo geométrico. Esta segmentación de los movimientos virtuales probablemente reproduce de manera más integral la vivencia espacial, que la continuidad óptica normalmente realizada. Debido a que involucra diversos aspectos perceptuales antes que entregar una extensión visual. Finalmente, esta indagación de posibilidades de los modelos virtuales estimula un desarrollo de la representación y del diseño arquitectónico cercana a los aspectos culturales de los medios, antes que a la elaboración formal.

### **Agradecimientos.**

Este trabajo ha contado con la contribución del Prof. Javier Monedero Isorna, el Diseñador Gino Alvarez, el Programador Jorge Delgado y financiamiento del Proyecto DIUBB 030201-3/R.

## Referencias Bibliográficas.

AUTODESK; “Creating an Architectural Presentation”, pp. 275-298 en “3D-Studio VIZ Learning Guide”, USA, 2000.

BARES, William H. y LESTER, James C.; “Intelligent Multi-Shot Visualization Interfaces for Dynamic 3D Worlds” en *“UI-99: Proceedings of the 1999 International Conference on Intelligent User Interfaces”*, Los Angeles, California, 1999.

BARTLETT, Brandon, “3D-Studio Architectural Rendering”, Ed. New Riders, Indiana, 1996.

BRIDGES, Alan H.; “Animation Techniques in Architectural Visualisation”, pg. 443-453 en *IV Simposio Internacional sobre Diseño Asistido por Ordenador en la Arquitectura e Ingeniería Civil*, ARECDAO'93, Barcelona, 1993.

CHOISY, Auguste, “Historie de l'architecture”, Paris, 1899 (trad. “Historia de la Arquitectura”, Ed. Victor Leru, Buenos Aires, 1980),

DRUCKER, Steven M., GALYEAN, Tinsley A. Galyean, y ZELTZER, David; “CINEMA: A System for Procedural Camera Movements”, en David Zeltzer, ed., *Computer Graphics (1992 Symposium on Interactive 3D Graphics)*, volume 25, pages 67–70, 1992.

HE, Li-wei, COHEN, Michael F. y SALESIN, David H.; “The Virtual Cinematographer: A Paradigm for Automatic Real-Time Camera Control and Directing”, Microsoft Research y U. Washington; 1997.

JOHNSON, Philip; “Mies Van Der Rohe”, Ed. Moma, New York, 1953 (trad. Ed. Victor Leru, Buenos Aires, 1960),

LE CORBUSIER y JEANNERET, Pierre; “Oeuvre Complete 1910-1929”, Les Editions d'Architecture, Zurich, 1964.

RAFI, Ahmad: 1998, “Computer Animation for Architectural Visualisation”, Doctoral Thesis, Strathclyde University, Glasgow.

SAAS, Lawrence, Animation and Architecture, en <http://www.mit.edu:8001/afs/athena.mit.edu/course/4/4.299/Students/lsass/Anim/Text/anim.html>, 1995 [consultado en Mayo 2004].

VILLANUEVA BARTRINA, Lluís; “Perspectiva Lineal, su Construcción y su Relación con la Fotografía”, Ed. UPC, Barcelona, 1996.