



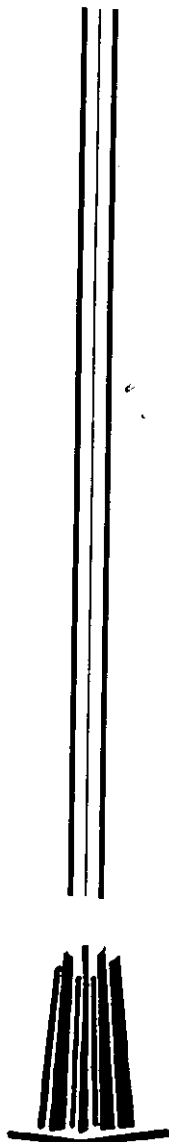
**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
CAMPUS ARAGÓN**

**“TÉCNICAS DE ILUMINACIÓN APLICADAS AL
MODELO TRIDIMENSIONAL MÉXICO
TENochtitlan”**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO EN COMPUTACIÓN
P R E S E N T A :
GONZÁLEZ AYALA LUIS ENRIQUE

ASESOR: ING. LILIANA HERNÁNDEZ CERVANTES





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**Técnicas de Iluminación
Aplicadas al
Modelo Tridimensional
México Tenochtitlan.**

Agradecimientos.

Esta tesis es el resultado de esfuerzos y contribuciones múltiples, durante este tiempo muchas personas me han apoyado, dentro y fuera del trabajo; y a ellas quiero expresarles mi gratitud.

Quiero hacer un reconocimiento especial a las personas que me brindaron su apoyo a través del tiempo que duró mi preparación, y que confiaron en mi capacidad para cumplir con los objetivos que me había planteado.

Por supuesto, a las personas que revisaron las diferentes partes del manuscrito original. En primer lugar a la Ing. Lilia Hernández Cervantes que siempre me brindo la orientación y ayuda necesaria para la elaboración del presente trabajo. Agradezco al M. en C. Jesús Díaz Barriga Arceo sus acertadas observaciones; al Ing. Marcelo Pérez Medel los conocimientos brindados, correcciones y sugerencias. Así mismo reconozco al Ing. Donaciano Jiménez Vázquez sus enseñanzas, apoyo y paciencia; y al Ing. Alejandro González Ponce su sinceridad y sobre todo la confianza que depositó en mi a lo largo de todo el proceso de elaboración de esta obra.

También hago un agradecimiento muy especial a la Lic. María de Lourdes Benítez, que leyó no sé cuantas versiones de mismo y realizó mil y un correcciones en mi ortografía y estilo de redacción.

¡Muchas gracias!

Dedico esta Obra a:

Librada Ayala Salcedo, mi tía

Quien a pesar de su ausencia física, se mantiene presente en mí; porque con su cariño, sus cuidados, la educación que me brindo, su constante compañía y apoyo me dio la oportunidad de soñar, estableciéndome metas y sobre todo me preparo, dándome los elementos necesarios para poder llegar a ellas.

Lourdes Ayala Nava, mi madre

Porque me dio la oportunidad de vivir y con su trabajo, esfuerzo y carácter contribuyo a hacer tangibles mis logros, proporcionándome las herramientas y el impulso que requería para realizarlos.

Alfredo, Cinthia Beatriz y Carlos Augusto, mis hermanos

Quienes contribuyeron en la realización de los objetivos que me había planteado, haciendo menos difíciles las horas de trabajo, al brindarme su compañía y aliento.

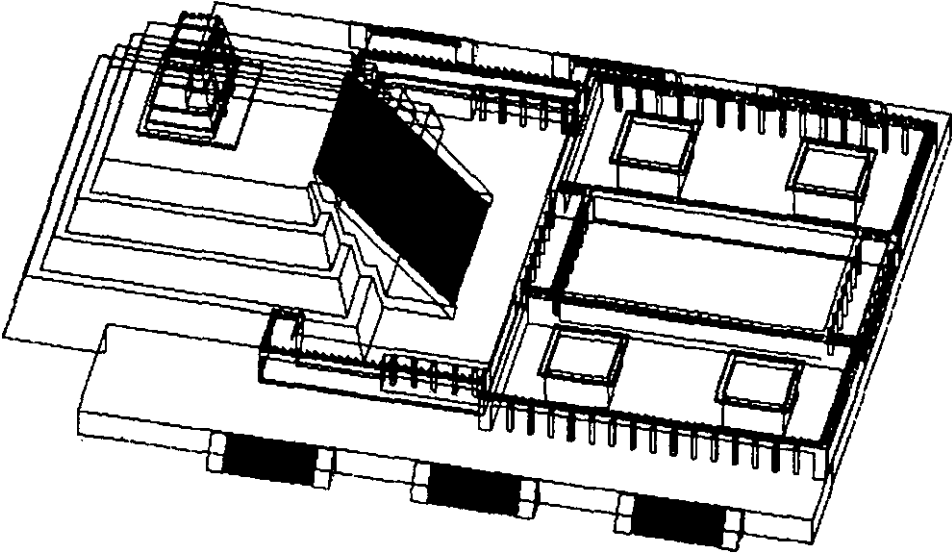
UNAM campus Aragón, mi alma mater

La institución que me quitó la venda que me impedía mirar hacia el universo.

México, mi patria

Razón de mis ansias de superación.

Indice



ÍNDICE

TÉCNICAS DE ILUMINACIÓN APLICADAS AL MODELO TRIDIMENSIONAL MÉXICO TENOCHTITLAN.

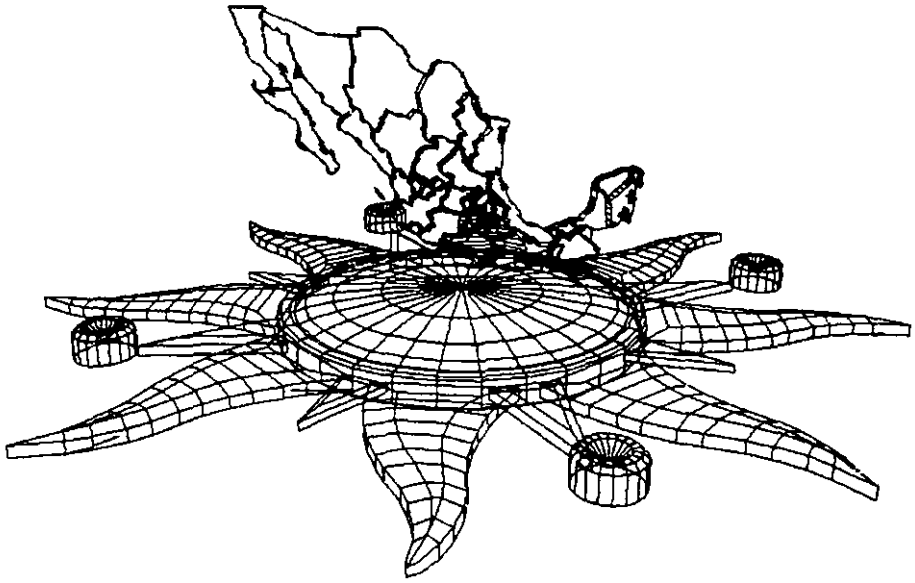
INTRODUCCION.....	xi
Capítulo I. GRAFICACIÓN POR COMPUTADORA.....	1
I.1. GRAFICACIÓN POR COMPUTADORA.....	3
I.1.1. Historia de la graficación.....	3
I.1.2. Principales aplicaciones de la graficación.....	4
I.1.3. Conceptos básicos de la graficación.....	7
I.1.4. Gráficas primitivas.....	10
I.2. TRANSFORMACIONES GEOMÉTRICAS.....	19
I.2.1. Rotación.....	20
I.2.2. Traslación.....	24
I.2.3. Escalación.....	25
I.3. VISTA BIDIMENSIONAL.....	27
I.3.1. Tubería de vista.....	27
I.3.2. Transformación de coordenadas de ventana a puerto de vista.....	29
I.3.3. Operaciones de recorte.....	30
I.4. VISTA TRIDIMENSIONAL.....	34
I.4.1. Tubería de vista.....	34
I.4.2. Coordenadas de vista.....	35
I.4.3. Proyecciones.....	39
I.4.4. Volúmenes de vista y transformaciones de la proyección general.....	44
I.4.5. Recorte.....	51
I.5. DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA (C. A. D.).....	52
I.6. MODELOS DE ILUMINACIÓN.....	54
I.6.1. Tipos de luz.....	54
I.6.2. Modelos híbridos de iluminación.....	55
Capítulo II. MODELADO 3D.....	57
II.1. MODELADO.....	59
II.1.2. Procesos del modelado.....	60
II.1.3. Organización de datos en la creación de un modelo.....	62

II.2. MODELADO 3D.....	64
II.2.1. Métodos de modelado.....	65
II.2.2. Modelado paramétrico.....	66
II.2.3. Modelado con splines.....	66
II.2.4. Modelado poligonal o de mallas.....	67
II.2.5. Modelado con correctores.....	70
II.2.6. Modelado de NURBS.....	74
II.3. MODELADO CON CORRECTORES.....	76
II.3.1. Correctores.....	77
II.3.2. Corrector editable.....	80
Capítulo III. TEXTURAS Y MATERIALES.....	83
III.1. LOS MATERIALES.....	85
III.1.1. Tipos de materiales.....	85
III.1.2. Los colores.....	86
III.1.3. Colores de material.....	87
III.1.4. Modelos de sombreado.....	88
III.1.5. Propiedades de los materiales.....	90
III.1.6. El lustre y el nivel especular.....	90
III.1.7. Anisotropía.....	91
III.1.8. Opacidad.....	91
III.1.9. Autoiluminación.....	92
III.2. MATERIALES MAPEADOS (MAPAS DE TEXTURA).....	92
III.3. DISEÑO DE MATERIALES PARA LOS ESCENARIOS NATURALES.....	95
III.3.1. Texturas y materiales de los islotes.....	96
III.3.2. Creación de materiales para las flores y la hierba.....	97
III.3.3. Materiales y texturas para el cielo.....	99
III.3.4. Creación de materiales para el lago (Agua estancada).....	102
III.3.5. Creación de materiales para la ciudad de Tenochtitlan.....	103
III.4. DISEÑO DE MATERIALES PARA EFECTOS ESPECIALES.....	104
III.4.1. Materiales de ficción (Eclipse).....	105
III.4.2. Materiales para la presentación y créditos.....	106
Capítulo IV. TÉCNICAS DE ILUMINACIÓN.....	109
IV.1. ESTRATEGIAS DE LA ILUMINACIÓN Y VISTAS.....	111
IV.2. VISUALIZANDO LUZ.....	113
IV.2.1. Luz blanca.....	114
IV.2.2. Luz coloreada.....	115

IV.2.3. Luz teñida.....	116
IV.2.4. Iluminación en agua.....	117
IV.2.5. Luz animada.....	117
IV.3. TIPOS DE FUENTES LUZ.....	117
IV.3.1. Luz puntual (Omnireccional).....	118
IV.3.2. Luz de mancha o cónica.....	119
IV.3.3. Luz infinita.....	120
IV.3.4. Luz del área.....	120
IV.3.5. Luz lineal (Direccional).....	120
IV.3.6. Luz de ambiente.....	121
IV.4. COMPONENTES BÁSICOS DE UNA FUENTE DE LUZ.....	121
IV.4.1. Posición y orientación.....	122
IV.4.2. Color e intensidad.....	122
IV.4.3. Descomposición a distancia (<i>Fall-Off</i>).....	123
IV.4.4. Ángulo de emisión.....	124
IV.4.5. Brillo y luz de cono.....	124
IV.4.6. Luces globales y locales.....	126
IV.4.7. Sombras.....	126
IV.4.8. Iluminación de la escena.....	128
IV.4.9. Área de acción principal.....	129
IV.4.10. Área de acción secundaria.....	130
IV.5. FONDO.....	131
IV.5.1. Luces clave.....	132
IV.5.2. Luces de saturación.....	132
IV.5.3. Fuentes de luz visibles.....	133
IV.5.4. Movimiento de luces.....	133
IV.6. POSICIONES BÁSICAS DE LAS FUENTES DE LUZ.....	134
IV.6.1. 45 Grados par.....	135
IV.6.2. Luz frontal.....	136
IV.6.3. Luces laterales, encima y atrás.....	136
IV.7. CONDICIONES FINALES.....	137
IV.7.1. Verificación de la luz predefinida.....	137
IV.7.2. Fuentes de luz Invisibles.....	137
IV.7.3. Sombras perdidas.....	137
IV.7.4. Sombras simuladas.....	137
IV.7.5. Iluminar - obscurecer.....	137
IV.7.6. Minimizar el tiempo de rendering.....	138
IV.8. ILUMINACION DE LAS ESCENAS DE TENOCHTITLAN.....	138
IV.8.1. Iluminación de las escenas de presentación, Sol de México y créditos.....	138
IV.8.2. Efectos de iluminación de las escenas del eclipse.....	140

IV.8.3. Iluminación de las escenas de fundación y recorrido por Tenochtitlan.....	143
Capítulo V. ANIMACIÓN.....	147
V.1. CREACIÓN DEL STORYBOARD “TENOCHTITLAN”.....	149
V.1.1. El guión.....	150
V.1.2. Historia.....	151
V.1.3. Storyboard.....	152
V.1.4. Musical.....	154
V.2. ANIMACIÓN.....	155
V.3. FUNDAMENTOS DE ANIMACIÓN.....	156
V.3.1. Controladores basados en claves.....	157
V.3.2. Controladores procedimentales.....	158
V.3.3. Controladores compuestos.....	158
V.3.4. Controladores de sistema.....	158
V.4. DESPLAZAMIENTO DE LA CÁMARA.....	159
V.4.1. Teoría del movimiento de cámara.....	160
V.4.2. Travelln (Acercamiento).....	161
V.4.3. Encuadre.....	162
V.4.4. Congelación de la imagen.....	162
V.4.5. Movimiento lento.....	162
V.4.6. Mover o no mover.....	163
V.5. EL TIEMPO EN LA ANIMACIÓN POR COMPUTADORA.....	164
V.6. TEMAS AVANZADOS DE ANIMACIÓN QUE FUERON APLICADOS.....	165
V.6.1. Trayectorias.....	165
V.6.2. Recorridos.....	166
V.6.3. Puntos de pivote.....	167
V.6.4. Efectos especiales.....	168
V.6.5. Desenfoque de movimiento.....	169
V.7. REPRESENTACIÓN DE LA ANIMACIÓN DE TENOCHTITLAN.....	170
Glosario. TÉRMINOS DE GRAFICACIÓN POR COMPUTADORA.....	171
BIBLIOGRAFÍA.....	191
GALERÍA DE COLOR.....	195

Introducción



A menudo, el mundo de la animación por computadora es una completa incógnita para la mayoría de aquellos que luego disfrutan y se benefician de sus productos. Desconocen la enorme cantidad de dinero y esfuerzo que supone llevar a cabo la mayoría de estas producciones. El objetivo que se persigue en este trabajo es, por un lado, facilitar una visión global de lo que supone es una producción de animación, explicando las técnicas de iluminación (Uno de los procesos más difíciles), que bien podría servir para orientar a aquellos que quieran introducirse en este mundo sin saber muy claramente en que dirección les interesa concentrar su esfuerzo, o que simplemente desean saciar su curiosidad y descubrir que hay detrás de las escenas en la pantalla. Por otro lado proporcionar una visión moderna y actual de la transformación y adaptación de este mundo en la era digital, para todos aquellos que se han desarrollado en el seno de la animación tradicional y buscan una guía que les sitúe a la altura de conocimientos de las herramientas digitales con los que llegan nuevas generaciones. El último objetivo es el dar a conocer nuestras raíces mexicanas demostrando que la ingeniería y la animación por computadora nos pueden hacer crear o revivir cosas que desafortunadamente no están a nuestro alcance o se perdieron por infinidad de razones.

Hay que empezar por aclarar que un proyecto de animación puede ser de múltiples dimensiones y formatos. Hoy en día existen múltiples medios audiovisuales de comunicación: la televisión, el cine, el video y el ordenador. En todos ellos se pueden reproducir imágenes animadas con mayor o menor calidad y duración.

De esta forma podemos hallar desde películas de cine, series de televisión, presentaciones empresariales, publicidad, juegos de entretenimiento, simulaciones científicas, documentales educativos, etc. y cada una de ellas exigirá según en que medio y para que tipo de público sea transmitida, un tipo de formato, una calidad y duración.

Para desarrollar estas animaciones hace falta toda una infraestructura de producción y control que a muchos sorprendería si la conocieran. Esta infraestructura tendrá lógicamente una distribución, un costo, una necesidad y periodo de desarrollo distinto según el proyecto que deseemos realizar. Generalmente una serie de televisión tiene unas exigencias de tiempo bastante estrictas y una exigencia de calidad que oscila entre media y baja mientras que una película de animación desarrolla la décima parte de horas de animación en el doble de tiempo con unas exigencias estrictas en calidad y más flexibles en tiempo. La publicidad, sin embargo, exige un producto de corta duración pero que tiene que llevar a cabo en poco tiempo y con una calidad media o alta.

A su vez, y como casi todo hoy en día, la tecnología ha avanzado mucho y se ha puesto a disposición y al alcance de prácticamente cualquiera. Existen herramientas de trabajo nuevas que permiten mejorar tanto la calidad del producto como el tiempo y la mano de obra necesaria para realizarlo. Estas nuevas tecnologías cubren en mayor o menor medida las etapas de proyección, creación y control. La diferencia entre saber o no aplicarlas y hasta que nivel, es la que puede marcar la diferencia entre unos estudios y otros.

Definir estos parámetros significa concretar bastante bien que tipo de producción estamos llevando a cabo, qué hay que ofrecer y qué se espera de nosotros. Tomar estas variables como independientes entre ellas supone una enorme equivocación a medida que se entienda mejor todo este proceso, se irá aclarando la constante exigencia de interrelación entre los diferentes ámbitos que son necesarios en una producción de estas características.

Para saber como o quien puede determinar estos valores hay que entrar a analizar con lupa una producción de animación. Como siempre, la mejor forma de analizar algo es partir del principio, una producción de animación tradicional. Para obtener un buen producto habrá que combinar datos históricos de Tenochtitlan, llevarlos a la computadora para ir dándoles forma y hacer visible tan ambicioso proyecto de revivir y recorrer al menos por unos segundos, esta grandiosa ciudad.

No es fácil imaginar cómo se desarrollaba un día en Tenochtitlan, sin embargo, las crónicas del siglo XVI nos han dejado relatos que bien pueden ayudarnos a pensar e imaginar lo complicado de una urbe que, como Tenochtitlan, llegó a tener -según se ha calculado- más de 200 000 habitantes.

Desde su fundación en 1325 d.C., la ciudad tenía un orden determinado. El centro estaba ocupado por el espacio sagrado, el recinto ceremonial, en donde se encontraba el Templo Mayor, punto fundamental de la cosmovisión de este pueblo. Desde este espacio sagrado parten las calzadas orientadas hacia los puntos cardinales, lo que le da a la urbe una configuración de cuatro grandes Calpullis (Barrios), que al ir creciendo van multiplicándose.

El Recinto Sagrado (Ciudad de México Tenochtitlan), que es el lugar donde realizaremos el recorrido era un cuadrado de 500 metros por lado (*Ignacio Marquina: "El Templo Mayor de México", INAH 1960*), que correspondía a las actuales calles de San Idefonso, monte de piedad, plaza de la Constitución, La moneda, correo mayor y el Carmen. Estaba rodeado por un muro con almenas, adornado en su base por cabezas de serpientes de basalto policromadas (Coatepantli) y se constituía por

numerosos templos, adoratorios y habitaciones sacerdotales, entre los cuales sobresalían: el gran Teocalli o Templo Mayor, pirámide rectangular de 100 por 80 metros, con 4 o 5 cuerpos en talud; una gran escalinata de 113 a 114 escalones y dos adoratorios en la cúspide (el de Tlaloc al norte y el de Huitzilopochtli al sur); el templo redondo de Quetzalcoatl, con una boca de serpiente por entrada y un techo cónico; el Juego de Pelota, gran patio en forma de T, limitado por altos muros en talud; el Tzompantli, donde se ensartaban los cráneos de los sacrificados; el Teocalli de Tezcatlipoca y el de Cihuacoatl; la casa de las águilas, al cuidado de la orden militar de los caballeros águilas, con el basamento del Temalacatl o piedra de los sacrificios; el Coateocalli, santuario múltiple, y otros más.

México Tenochtitlan se destacaba claramente desde muy lejos en la inmensidad del área lacustre, con sus grandes calzadas rectilíneas. Así la admiraron a su llegada los españoles desde un paso entre los dos volcanes.

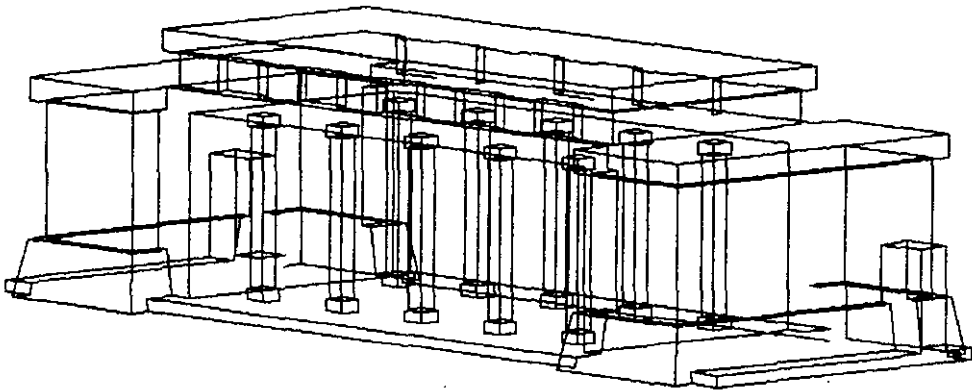
Descrita como la ciudad más prodigiosa por sus conquistadores, fue arrasada, saqueada y destruida hasta no quedar vestigio alguno. Ahora nos queda el pasado de una ciudad lacustre, única y magnífica que trataremos de revivir y recorrer al término de los siguientes cinco capítulos por medio de una animación de computadora, donde aplicaremos varias técnicas de graficación por computadora pero muy en especial las técnicas de iluminación.

La iluminación es algo que generalmente damos por hecho. A donde quiera que vayamos, siempre tendremos algún trazado de iluminación ya establecido. El Sol ilumina nuestro mundo de manera simple y efectiva. Sin embargo, en espacios 3D es otra historia. En los entornos como lo son los modelos de México Tenochtitlan rara vez estará la iluminación ya establecida.

Tomando la animación como herramienta, se tratara de mostrar el trabajo hecho con las técnicas de iluminación aplicadas a los modelos 3D de México Tenochtitlan.

Desde luego en este trabajo no se impone la razón de que el Recinto Sagrado de Tenochtitlan y las escenas mostradas en la animación fueron tal y como se representan, esta labor se encargo de recabar información y aplicarla para poder lograr un producto lo más cercano a la realidad según dichas fuentes.

Capítulo I



Graficación por Computadora.

I.1. GRAFICACIÓN POR COMPUTADORA.

La graficación es la forma de representar un objeto o una figura geométrica refiriéndose a los elementos de un sistema de coordenadas cartesianas, concerniente con todos los aspectos de usar una computadora para generar imágenes.

Hoy en día las gráficas por computadora se aplican de manera rutinaria en diversas áreas aportando grandes beneficios.

De hecho las gráficas por computadora son las principales interfaces para el usuario. Conforme han ido evolucionando las computadoras, las gráficas por computadora también lo han hecho significativamente, se han desarrollado dispositivos de hardware y algoritmos para mejorar la efectividad, el realismo y la velocidad de la generación de imágenes.

La graficación por computadora esta muy ligada con otras dos técnicas que utilizan gráficas por computadora, estas son la *animación por computadora* y la *visualización por computadora*, por lo que en ocasiones se llega a confundir con alguna de ellas. También sería bueno denotar que estas tres técnicas que utilizan los gráficos por computadora forman parte de una sola que se llama *realidad virtual*, ésta es una tecnología que aplica a las computadoras para crear una experiencia tan realista que el usuario cree que realmente se encuentra ahí.

I.1.1. Historia de la graficación.

La graficación por computadora prácticamente tiene sus orígenes cuando nacen las computadoras en condiciones de funcionamiento para el mundo, de hecho se dice que la graficación por computadora comienza con el Alemán *Konrad Zuse* cuando realiza sus computadoras Z3 y posteriormente la Z4, en la ciudad de Berlín en el año de 1941. Estas máquinas son adquiridas posteriormente por la empresa IBM y por la Universidad de Harvard en los Estados Unidos en el año 1949.

Este tipo de computadoras fueron creadas durante la segunda guerra mundial con el único fin de impulsar proyectos netamente militares.

En 1945, P. Ecket y J. W. Manchly concluyen, en la Universidad de Pensilvana, la ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Calculator), que llega a constituirse en la primera máquina computadora totalmente electrónica, para resolver problemas matemáticos en el área náutica (Navegación).

Con el nacimiento del transistor en 1958 las computadoras evolucionan en forma acelerada y a su vez los gráficos por computadora. Cabe destacar que en un principio no se podían generar gráficos con calidad, ya que la velocidad de estas computadoras era demasiado lenta,

solo se podían hacer gráficas con caracteres alfanuméricos o líneas, pero empezaban a abrirse grandes expectativas.

Entre la década de 1960 y la de 1980, IBM dominó el mercado global de las grandes computadoras, aunque durante los años ochenta comenzó a ceder terreno ante otros fabricantes en áreas especializadas como la computación de alto nivel. Cuando durante la década de 1970 aparecieron los mini ordenadores o mini computadoras, IBM los vio como una amenaza a su mercado de grandes computadoras y no supo reconocer su potencial, dando pie al éxito de competidores como Digital Equipment Corporation, Hewlett-Packard y Data General. Sin embargo, en 1981 IBM presentó con gran éxito el IBM PC, que se convirtió rápidamente en un modelo de la microinformática.

En noviembre de 1982 se encuentra la versión comercial de AutoCAD en el COMDEX Trade Show de Las Vegas, esto abre un portal enorme en el mundo de la graficación por computadora. Si bien las utilidades de AutoCAD 1.0 eran muy elementales, permitían mucho más que representar gráficamente coordenadas de puntos, es ciertamente en este año cuando la graficación por computadora empieza a tener un gran auge en todas las áreas.

También en 1982 nace la empresa Silicón Graphics, ahora conocida como SGI, fundada por el Dr. James Clark y siete colaboradores más. SGI es un proveedor líder de sistemas de cómputo interactivo de alto rendimiento. La compañía ofrece el más amplio rango de productos en la industria desde estaciones de trabajo de nivel de entrada a servidores y supercomputadoras Cray muy grandes. SGI y sus subsidiarias tienen oficinas alrededor del mundo y sus oficinas corporativas están ubicadas en Mountain View, California.

Los sistemas SGI proveen rendimientos de liderazgo en la industria. Sus sistemas fijan nuevos estándares en visualización avanzada, alta disponibilidad para servidores comerciales, supercómputo, gráficas en 3D, audio y video digitales, autoría y servidores web. También han hecho posible un rendimiento superior compartiendo datos a través de su amplia gama de interfaces de red y avanzados sistemas de archivos. Debido a eso Silicon Graphics ha logrado colocarse a la vanguardia de la tecnología en el procesamiento de los gráficos.

1.1.2. Principales aplicaciones de la graficación.

El mundo de la graficación por computadora es enorme como lo habíamos dicho con anterioridad, de igual manera sus aplicaciones son múltiples, a continuación se muestran algunas de ellas que se consideran las más importantes.

Anuncios publicitarios (Banners). Hasta ahora es muy común que las campañas de publicidad en el web utilicen banners planos o imágenes animadas para atraer a los internautas a sus sitios. Estos banners entregan poca información y su transferencia puede llegar a ser muy lenta. Con la graficación por computadora es posible generar animaciones de mayor impacto y de menor tamaño. Además el hecho de que la animación se realice en un ambiente tridimensional provee de mucho mayor información al usuario, logrando esta técnica un mayor impacto publicitario.

Demostración de productos. El web es comúnmente utilizado para desplegar catálogos con hojas de especificaciones y diferentes tipos de literatura publicitaria. A pesar de que éste es un muy buen uso de la tecnología de web, no está siendo explotada en su totalidad. Con la explosión del comercio electrónico, el web se ha encontrado con nuevas aplicaciones, como por ejemplo la visualización física de productos ya sea para su venta en línea o para su demostración. A través del uso de las gráficas, la demostración de productos en línea toma las siguientes características:

* **Interactividad:** El usuario puede interactuar con el producto que el desee adquirir, observarlo de diferentes ángulos y visualizar el producto removiendo y añadiendo componentes del mismo.

* **Integración de multimedia:** La graficación provee la integración de otros tipos de multimedia tales como audio e imágenes, además se pueden manipular objetos tridimensionales y dar detalles del producto a través de pistas de audio.

* **Ancho de banda:** A través del uso eficiente de los formatos gráficos y mundos optimizados, el tiempo de transmisión se puede decrementar enormemente, evitando que el usuario tenga que esperar mucho tiempo perdiendo el interés.

Visualización organizada de datos. Existen estructuras de datos muy difíciles de visualizar, sobre todo cuando se trata de muchas categorías de datos diferentes. Últimamente se ha complicado aún más este tema, desde que aparecieron nuevos tipos de datos como video y audio, porque ahora no todos los datos caben en un archivero. De hecho, combinarlos no es una tarea fácil, incluso para el concepto de moda: la multimedia. Cuando se trata de encontrar la información de manera sencilla, existen varios conceptos que hay que considerar, como quién, cuándo, cómo y dónde se puso la información. La graficación ayuda a

visualizar no sólo las estructuras de los diferentes tipos de información, sino además elimina casi totalmente algunos problemas del mundo real como la teletransportación, el almacenamiento masivo, la combinación de medios y la seguridad, poniendo fácilmente los datos al alcance de quien los debe tener.

Comercio electrónico. A través de centros comerciales virtuales, se provee de nuevas opciones para que el comerciante llegue a su público objetivo. Ahora millones de usuarios conectados en línea pueden acceder a centros comerciales ubicados en cualquier parte del mundo, pasear entre las tiendas, visualizar los productos para comprarlos o interactuar con otros compradores o vendedores.

Se han traspasado las fronteras y el concepto de "entrega a tu domicilio" se ha complementado con "visita desde tu domicilio". Adicionalmente, gracias al intercambio digital de datos, podemos saber quién visita qué y cuándo. Además, qué necesita y cómo lo quiere, sin importar en que parte del mundo se encuentra.

Laboratorios virtuales y visualización científica (simulaciones para la investigación). Las gráficas por computadora puede ser un medio sencillo y barato para simular muchos tipos de procesos, o para hacer demostraciones visuales muy variadas. Si se añade interacción con otros usuarios de cualquier parte del mundo, se puede tener un laboratorio virtual muy valioso y un excelente medio de comunicación para mostrar sus resultados.

Arte. Para muchos, las computadoras limitan la creatividad de los artistas, para muchos otros, los medios digitales son precisamente los que permiten a los artistas expandir su creatividad dándoles las herramientas para transmitir sus ideas. La graficación no es la excepción. Al contrario, la visualización tridimensional combinada con medios tradicionales como imágenes bidimensionales y sonidos es la que da la oportunidad a muchos artistas de comunicar conceptos que antes no podían, de explorar nuevos estilos y nuevos estímulos a nuestros complejos sentidos.

Entretenimiento. Desde el famoso "Tele pong", uno de los primeros juegos electrónicos, muchas formas de entretenimiento han surgido a través del tiempo. Con el nacimiento del web, millones de usuarios pasan horas frente a una computadora ya no sólo jugando los conocidos juegos de video, sino ahora sobre todo interactuando con

internautas de todo el mundo, navegando sitios interesantes o entretenidos o conversando y discutiendo sobre temas diversos. Como vemos la graficación abre nuevas formas de entretenimiento, con juegos más apegados a la realidad y con centros de encuentro virtual, en los que los visitantes pueden interactuar con los demás de varias formas, incluyendo sus voces, acciones y apariencias. En la actualidad se usan métodos de la graficación por computadora para producir películas, videos musicales, programas de televisión y juegos. Donde en ocasiones combinan los objetos, los actores y escenas en vivo.

Educación y capacitación. Se requiere el uso de las gráficas por computadora como un instrumento de ayuda educativa en modelos de sistemas físicos, financieros y económicos, que pueden ayudar a los estudiantes a comprender la operación del sistema.

1.1.3. Conceptos básicos de la graficación.

En la graficación se puede decir que la unidad fundamental es el punto, *un punto es un lugar en el espacio que tiene posición y color, pero no tiene área.* Dentro de la graficación por computadora tendríamos que dejar fuera al punto ya que dentro de una computadora es inoperable, por lo cual es utilizado un elemento gráfico al que se le dio el nombre de pel, o pixel como comúnmente se conoce.

Un pixel va a simular un punto dentro de la pantalla de una computadora, a continuación se hace una breve descripción del pixel y de todos los elementos gráficos que se van construyendo a partir del mismo.



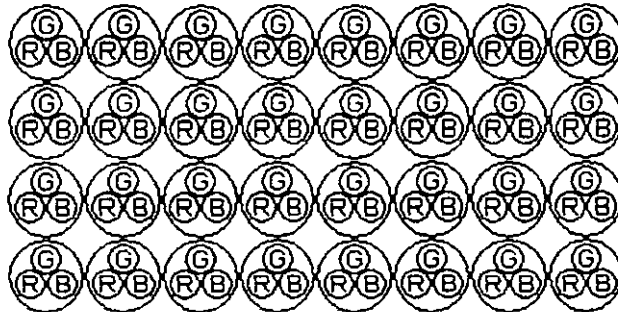
Pixel o Pel.

Pixel. Es la unidad mínima de dibujo, que se asemeja a un punto, pero la diferencia radica en el tamaño, por que un pixel tiene área, mientras que un punto no. Un píxel tiene dos atributos principales: posición y color. Estos pueden ser direccionados mediante el uso de un sistema de coordenadas cartesianas y el color por medio de un modelo.

El nombre de pel o pixel proviene de la contracción de las palabras anglosajonas "Picture Element" (Elemento de Dibujo). La composición de

un pixel dentro del monitor a color de una computadora se compone de tres colores básicos, que son el rojo, verde y azul. De la combinación de estos se determinan los demás colores que se presentan en la pantalla, en el caso de contar con un sistema bicolor, cada pixel en la pantalla estará encendido o apagado obteniendo varias escalas del mismo color.

Resolución. Es el número máximo de pixeles que se pueden desplegar en el área que comprende la pantalla de un monitor, una definición más precisa de la *resolución* puede ser el número de puntos por centímetro que se pueden trazar en sentidos horizontal y vertical.



Resolución de 8 x 4 píxeles.

Dentro de los monitores para PC podemos tener las siguientes resoluciones:

Monitor	Colores	Resolución
CGA (Color Graphics Adapter).	4	320x200
	2	640x200
EGA (Enhanced Graphics Adapter).	16	640x200
	16	640x350
MCGA (Multicolor Graphics Array).	2	640x200
	2	640x480
	4	320x200
VGA (Video Graphics Array).	256	320x200
	16	640x480
	256e	1024x768
XGA	256	1024x768

(Extended Graphics Adapter).	256e	1280x1024
SVGA (Super VGA).	256	640x480
	32k	800x600
	64k	1024x768
	16.8M	1280x1024
	2	1600x1200

Una imagen a una resolución tiene que ocupar un espacio especial de tamaño, por lo que cada resolución tiene un cierto tamaño en la memoria y entre más grande sea el tamaño de la resolución, más grande será la memoria a utilizar.

Si partimos de la base de que un Byte de información sólo puede representar 256 valores distintos (2^8 ; 2 valores, 0 y 1; 8 bits en un Byte), ¿cómo llegamos a los 16.7 millones de colores que constan algunas imágenes?. Fusionando 3 canales de 8 bits cada uno, obtenemos los 24 bits necesarios. La suma de los tres canales y sus posibles interpolaciones de valores, estos es, $256 \times 256 \times 256$ dan como resultado un número de: 16.777.216, 16.7 millones para abreviar.

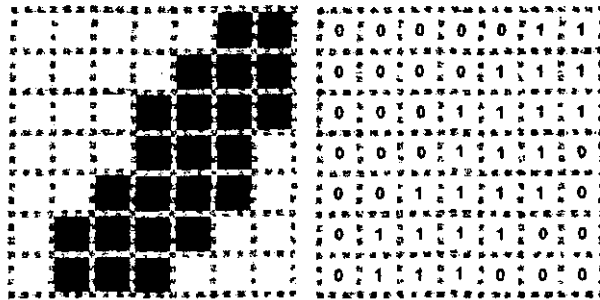
Cada canal está representando, en realidad, por una gama de tonalidades de negro hasta blanco (escala de grises). 256 tonos que en cada canal se toman como escalas de rojo, verde y azul para conseguir la gama cromática completa. Si alguien se pregunta cuantos Bytes ocupa o necesita un pixel para ser representado en pantalla, es obvio que se trata de 3 (1 Byte, 8 bits, 3 Bytes, 24 bits).

El objetivo es entender cómo se forma un pixel en pantalla para componer imágenes y fotografías de color real. Ahora, cada vez que veamos una referencia tal que "esta imagen tiene una resolución de 640 x 480 píxeles" sabremos de qué consta y qué significa exactamente.

Mapa de bits. Un mapa de bits también conocido como "Bitmap" no es sino un arreglo rectangular de píxeles donde se almacena una imagen, este arreglo es el más usado en la construcción de gráficos en nuestros días.

Cabe notar que el manejo de mapa de bits hace que presente la imagen el efecto "aserrado" o "pixelizado" distorsionando la imagen.

Existe otro tipo de almacenamiento llamado *vectorial*, en este tipo de almacenamiento de imágenes no existe este fenómeno, por lo cual no existe distorsión de imágenes, es muy usado por programas de diseño gráfico, CAD y fuentes de texto (True type).



Almacenamiento de un mapa de bits.

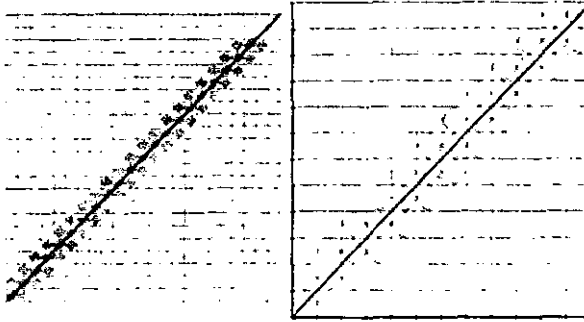
1.1.4. Gráficas primitivas.

Una imagen se puede describir como un conjunto de objetos complejos, colocados en posiciones de coordenadas específicas en una escena. Las formas y los colores de los objetos se pueden describir, a nivel interno, con matrices de pixel o con *conjuntos de estructuras geométricas básicas*, estas estructuras geométricas básicas reciben el nombre de *primitivos de salida*.

Los puntos y segmentos de línea recta son los componentes geométricos más simples de las imágenes. Los primitivos de salida adicionales se pueden utilizar para crear una imagen e incluyen circunferencias, cónicas, superficies cuadráticas, curvas, polígonos y cadenas de caracteres. Para empezar el análisis de los procedimientos de generación de imágenes se debe iniciar con algoritmos de despliegue bidimensional, a continuación se muestran los más importantes.

Iniciaremos con el trazo de líneas que es efectuado mediante el cálculo de posiciones intermedias a lo largo de la trayectoria de la línea entre dos posiciones extremas específicas. Los dispositivos digitales despliegan un segmento de línea recta al trazar puntos discretos entre los dos extremos, las posiciones de coordenadas discretas a lo largo de la trayectoria de la línea se calcula a partir de la ecuación de la línea.

Para el despliegue en pantalla, el color de la línea se carga en el búfer de estructura en las coordenadas de pixel correspondientes, a continuación, al leer el búfer de estructura, el controlador de video "traza" los pixeles en pantalla. Las posiciones en pantalla se expresan como valores enteros, de modo que las posiciones trazadas solo pueden aproximarse a las posiciones de línea reales entre dos extremos específicos, es decir, cuando existen valores fraccionarios se aplica un redondeo.



Efecto de escalones.

Este redondeo de valores de coordenadas a enteros provoca que las líneas se desplieguen con una apariencia de escalones, el efecto se percibe en sistemas de baja resolución y puede ser mejorado en sistemas de alta resolución. Las técnicas más efectivas se basan en el ajuste de las intensidades del pixel a lo largo de las trayectorias de la línea.

Algoritmos para el trazo de líneas. Analíticamente una línea recta es una ecuación lineal o de primer grado en dos variables, recíprocamente la representación gráfica del lugar geométrico cuya ecuación sea de primer grado en dos variables es una recta. Una recta queda determinada completamente si se conocen dos condiciones, un ejemplo es, dos de sus puntos, un punto y su dirección (Pendiente o coeficiente angular), entre otros.

Los algoritmos para desplegar líneas rectas se basan en la ecuación de la línea recta, la cual tiene distintas formas de representarse, algunas de ellas son las siguientes:

- a) *Punto – pendiente.* La ecuación de la recta que pasa por un punto $P_1(x_1, y_1)$ y cuya pendiente m es

$$y - y_1 = m(x - x_1)$$

- b) *Pendiente ordenada al origen.* La ecuación de la recta de pendiente m y que corta al eje y en el punto $(0, b)$, siendo b la ordenada al origen, es

$$y = mx + b$$

- c) *Cartesiana*. La ecuación de la recta que pasa por dos puntos $P_1(x_1, y_1)$ y $P_2(x_2, y_2)$ es

$$(y - y_1 / x - x_1) = (y_2 - y_1 / x_2 - x_1)$$

- d) *Reducida o abscisa y ordenada al origen*. La ecuación de la recta que corta los ejes coordenados x y y en los puntos $(a, 0)$, siendo a la abscisa en el origen, y $(0, b)$, siendo b la ordenada en el origen; es

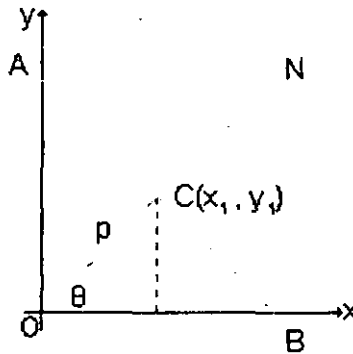
$$(x/a) + (y/b) = 1$$

- e) *General*. Una ecuación lineal o de primer grado en las variables x y y es de la forma $Ax + By + C = 0$, en donde A , B y C son constantes arbitrarias. La pendiente de la recta escrita en esta forma es $m = -(A/B)$ y su ordenada al origen $b = -(C/B)$.

- f) *Normal*. Una recta también queda determinada si se conoce la longitud de la perpendicular a ella trazada desde el origen $(0, 0)$ y el ángulo que dicha perpendicular forma con el eje x . Sea AB la recta y ON la perpendicular desde el origen O a AB .

La distancia p (parámetro) de O a AB se considera siempre positiva cualquiera que sea la posición de AB , es decir, para todos los valores del ángulo θ que la perpendicular forma con el semieje x positivo desde 0 a 360° .

Sean (x_1, y_1) las coordenadas del punto C .



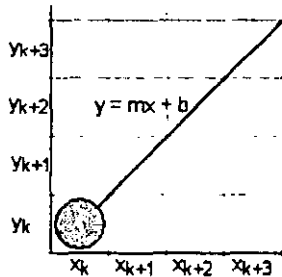
Ecuación de la línea recta normal.

En estas condiciones, $X_1 = p \cos \theta$, $y_1 = p \operatorname{sen} \theta$, y la pendiente de $AB = -1 / \operatorname{tg} \theta = -\operatorname{cotg} \theta = -(\cos \theta / \operatorname{sen} \theta)$.

Llamando (x, y) otro punto cualquiera AB , $y - y_1 = -\operatorname{cotg} \theta (x - x_1)$, o bien, $y - p(\operatorname{sen} \theta) = (-\cos \theta / \operatorname{sen} \theta)(x - p(\cos \theta))$.

Simplificando nos queda $x (\cos \theta) + y (\operatorname{sen} \theta) - p = 0$ que es la ecuación de la recta en forma normal.

Todos estos algoritmos son válidos y son llevados a la práctica dentro de la graficación por computadora, pero un algoritmo preciso y efectivo en la generación de líneas es el *algoritmo de Bresenham*, que convierte mediante el rastreo de líneas al utilizar solo cálculos incrementales con enteros que se pueden adaptar para desplegar circunferencias y otras curvas.



Parte de una cuadrícula de pantalla que tiene un píxel en la columna x_k y en la línea de rastreo y_k , que se debe trazar a lo largo de la trayectoria de un segmento de línea con una pendiente $0 < m < 1$.

Para ilustrar el algoritmo de Bresenham, primero se debe considerar el proceso de conversión de rastreo para líneas con pendiente positiva menor que 1. Las posiciones de píxel a lo largo de la trayectoria de una línea se determinan al efectuar un muestreo de x en intervalos unitarios.

El trazo de una línea de Bresenham para una línea con pendiente positiva menor que uno ($|m| < 1$) se puede resumir en unos cuantos pasos. Las constantes $2\Delta y$ y $2\Delta y - 2\Delta x$ se calculan una vez para cada línea que se debe convertir mediante rastreo, de manera que el proceso aritmético solo implique la adición y sustracción en enteros de estas dos constantes.

Paso no. 1. Se capturan los dos extremos de la línea y se almacena el extremo izquierdo en (x_0, y_0) .

Paso no. 2. Se carga (x_0, y_0) en el búfer de estructura; es decir, se traza el primer punto.

Paso no. 3. Se calculan las constantes Δx , Δy , $2\Delta y$ y $2\Delta y - 2\Delta x$ y se obtiene el valor inicial para el parámetro de decisión como $p_0 = 2\Delta y - 2\Delta x$.

Paso no. 4. En cada X_k a lo largo de la línea, que se inicia en $k = 0$, se efectúa la prueba siguiente: si $p_k < 0$, el siguiente punto que se debe trazar es $(x_k + 1, y_k)$ y $p_{k+1} = p_k + 2\Delta y$. De otro modo, el siguiente punto que se debe trazar es $(x_k + 1, y_k + 1)$ y $p_{k+1} = p_k + 2\Delta y - 2\Delta x$

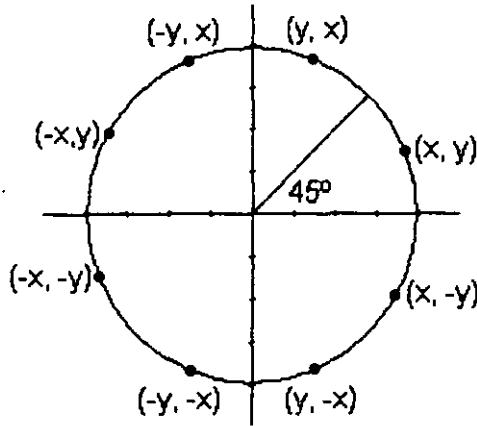
Paso no. 5. se repite el paso 4, Δx veces.

Algoritmos para el trazo de circunferencias. La circunferencia es el elemento que más se utiliza en la generación de gráficas e imágenes, una circunferencia se define como un conjunto de puntos que se encuentran, en su totalidad, a una distancia determinada de una posición central. La ecuación de un círculo centrado en el origen es:

$$x^2 + y^2 = r^2$$

por lo cual, una primera aproximación para trazar un círculo es necesario resolver la ecuación $y = \pm(r^2 - x^2)^{1/2}$; $\forall x \in \mathbb{Z}$, x entre 0 y R^1 . También se pueden usar las ecuaciones $(r \cos \theta, r \sin \theta)$ con θ creciendo desde 0 a 90, con esto se reduce el espaciado, pero tampoco es eficiente, ya que usa aritmética de punto flotante y llamadas a funciones.

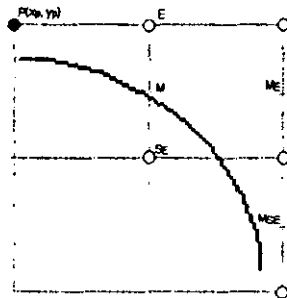
Se puede aprovechar la simetría del círculo para sólo calcular uno de los 8 segmentos de 45° y luego con éste determinar los demás octantes.



El cálculo del punto de una circunferencia (x, y) en un octante da como resultado los puntos de la circunferencia que se ilustran para los otros siete octantes.

Así como en la recta, existen distintas formas de trazar circunferencias con distintos algoritmos, otro es el *algoritmo de punto medio para la circunferencia*, al igual que en el algoritmo de la línea se efectúa un muestreo en intervalos unitarios y determinamos la posición del Píxel más cercano a la trayectoria específica de la circunferencia en cada paso. Se considerará la discretización del segmento de círculo de 45° correspondiente a $x = 0$ hasta $x = y = (r/2)^{1/2}$, los demás puntos se pueden dibujar con la función *puntos círculo*.

Sean P, el píxel elegido previamente en (x_p, y_p) ; E y SE los píxeles candidatos.



Punto medio entre píxeles candidatos.

La ecuación de una circunferencia es $F(x, y) = x^2 + y^2 - r^2$ y $F(x, y) = 0$, si el punto (x, y) se encuentra en el círculo; $F(x, y) < 0$, si (x, y) está dentro del círculo; y $F(x, y) > 0$, si (x, y) está fuera del círculo.

Se define la variable de decisión d en el punto medio entre E y SE .

$$d = F(x_p + 1, y_p - \frac{1}{2}) = (x_p + 1)^2 + (y_p - \frac{1}{2})^2 - r^2$$

Si $d < 0$ se escoge E y la variable de decisión d_{nueva} será:

$$d_{nueva} = F(x_p + 2, y_p - \frac{1}{2}) = (x_p + 2)^2 + (y_p - \frac{1}{2})^2 - r^2$$

lo cual da que la diferencia incremental es

$$d_{nueva} = d + 2 * x_p + 3$$

Por lo tanto, se define el incremento por :

$$\Delta E = 2 * x_p + 3$$

Si $d > 0$ se elige SE y la variable de decisión d_{nueva} será:

$$d_{nueva} = F(x_p + 2, y_p - \frac{3}{2}) = (x_p + 2)^2 + (y_p - \frac{3}{2})^2 - r^2$$

como

$$d_{nueva} = d + 2 * x_p - 2 * y_p + 5$$

por lo tanto, el incremento está dado por:

$$\Delta SE = 2 * x_p - 2 * y_p + 5$$

Es decir, en este caso los valores de ΔE y ΔSE son variables y dependen de los puntos seleccionados (x_p, y_p) en la iteración previa.

El cálculo de la condición inicial debe considerar que el punto de partida del círculo está en $(0, r)$, por lo tanto, el siguiente punto medio estará en $(1, r - \frac{1}{2})$ y

$$F(1, r - \frac{1}{2}) = 1 + r^2 - r + \frac{1}{4} - r^2 = 5/4 - r$$

Si el radio r se especifica como un entero, podemos redondear simplemente $F(1, r - \frac{1}{2})$ a $F(1, r - \frac{1}{2}) = 1 - r$ (para r como un entero), puesto que todos los incrementos son enteros.

Al igual que el algoritmo del trazo de líneas de Bresenham, el método del punto medio calcula las posiciones de pixel a lo largo de una circunferencia utilizando adiciones y sustracciones de enteros, si se supone que los parámetros de la circunferencia se especifican en coordenadas enteras de pantalla.

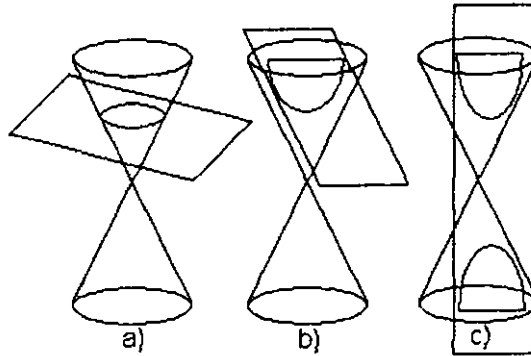
Algoritmos para la generación de curvas. Las curvas se encuentran en forma regular en los gráficos, estas incluyen funciones cónicas, trigonométricas, exponenciales, distribuciones probabilísticas, etc. Los despliegues de estas curvas se pueden generar con métodos similares a los que se analizaron para las funciones de circunferencia y elipse.

Un método directo para desplegar una función de curva específica consiste en obtener una aproximación de ésta con segmentos de línea recta, las representaciones paramétricas son útiles en este caso con el propósito de obtener posiciones de extremo de línea equidistantes a lo largo de una trayectoria de la curva. Así mismo se puede generar posiciones equidistantes con base en una representación explícita al seleccionar la variable independiente de acuerdo con la pendiente de la curva.

Se utilizan líneas rectas o aproximaciones de curvas para graficar un conjunto de puntos discretos, estos puntos discretos también se pueden unir con segmentos de línea recta, o bien utilizar mínimos cuadrados para obtener una aproximación del conjunto de datos con una sola línea recta. También se maneja un planteamiento no lineal de mínimos cuadrados para desplegar el conjunto de datos con alguna función de aproximación, que por lo regular es un polinomio.

Las curvas también cuentan con una simetría que se puede aprovechar para reducir el cálculo de posiciones de coordenadas a lo largo de su trayectoria.

Secciones cónicas. Las figuras geométricas que se pueden obtener por el corte con el plano de un cono circular recto doble se llama cónicas. Si un plano, no perpendicular al eje del cono, atraviesa completamente una porción de éste, se obtiene una curva de intersección llamada *elipse*. Si el plano es perpendicular al eje del cono, se obtiene una *circunferencia*. Si el plano no pasa completamente a través de uno de los mantos del cono y no secciona ambos, la curva de intersección es una *parábola*. Si el plano secciona a ambos mantos del cono la figura resultante es una *hipérbola*.



Secciones cónicas, a) Elipse, b) Parábola y c) Hipérbola.

Las secciones cónicas pueden variar considerablemente, cambiando la posición del plano de sección y la forma de cono. Para algunas posiciones del plano resultan las llamadas cónicas degradadas o degeneradas.

En general podemos definir a una sección cónica con la ecuación de segundo grado $Ax^2 + By^2 + Cxy + Dx + Ey + F = 0$ donde los valores paramétricos A, B, C, D, E y F determinan la clase de curva que se va a desplegar. Dado este conjunto de coeficientes, podemos determinar la cónica particular que se generará al evaluar el discriminante $B^2 - 4AC$, si:

$$B^2 - 4AC \begin{cases} < 0, \text{ Genera una elipse o un círculo.} \\ = 0, \text{ Genera una parábola.} \\ > 0, \text{ Genera una hipérbola.} \end{cases}$$

Las elipses, hipérbolas y parábolas son de especial utilidad para algunas aplicaciones de animación. Estas curvas descubren movimientos orbitales y de otro tipo para objetos sometidos a fuerzas gravitacionales, electromagnéticas o nucleares.

Los movimientos hiperbólicos ocurren en relación con el impacto de las partículas cargadas y en ciertos problemas gravitacionales. Podemos expresar la ecuación estándar para la hipérbola centrada en el origen como:

$$[x/r_x]^2 - [y/r_y]^2 = 1$$

La parábola se define con la ecuación

$$y^2 = 4ax.$$

Las parábolas e hipérbolas tienen un eje de simetría que es el que se utiliza para su trazo. Los métodos que se utilizan en el algoritmo de la elipse de punto medio se pueden aplicar en forma directa a fin de obtener puntos a lo largo de un lado del eje de simetría de las trayectorias hiperbólicas y parabólicas en las dos regiones, una donde la magnitud de la pendiente de la curva sea menor que 1 y otra donde la magnitud de la pendiente sea mayor que 1. Primero se selecciona la forma apropiada de la ecuación y entonces se utiliza la función adecuada para determinar expresiones para los parámetros de decisión en las dos regiones.

Generación de caracteres. El estilo de diseño general para un conjunto de caracteres se llama *tipo de letra*. Los tipos de letra pueden dividirse en dos grupos, Serif y Sans - Serif.

El tipo Serif tiene pequeñas líneas y acentos en los extremos de los trazos principales del carácter en tanto que el tipo Sans - Serif no tiene acentos. Se utilizan dos representaciones distintas para almacenar fuentes por computadora, un método sencillo es la utilización de patrones de matriz rectangular, así el conjunto de caracteres se conoce como una fuente de mapa de bits.

Otro esquema es describir las formas de caracteres al utilizar secciones de línea recta o curvas como en PostScript, en este caso el conjunto de caracteres se llama *fuentes de contorno*. Las fuentes de mapa de bits son las más fáciles de definir y desplegar, no obstante las fuentes de mapa de bits requieren más espacio.

En contraste, para realizar mapas de bits de fuentes, el control de fuentes requiere menos almacenamiento dado que cada variación no necesita un comportamiento de fuente distinto. Se pueden producir negritas, cursivas o tamaños diferentes al manejar las definiciones de curva para los contornos de carácter. Pero se necesita más tiempo para procesar las fuentes de contorno, porque se deben convertir por rastreo en el búfer de estructura.

1.2. TRANSFORMACIONES GEOMÉTRICAS.

Las *transformaciones geométricas* nos sirven para realizar cambios de forma, tamaño y orientación de objetos en la creación de una escena, o a lo largo de las trayectorias de una animación. Las

transformaciones geométricas básicas son la *rotación*, *traslación* y *escalación*.

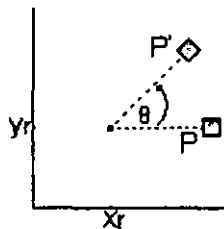
En esta sección se explicaran los procedimientos generales para aplicar parámetros de transformaciones geométricas y así conseguir cambiar la posición y tamaño de los objetos en la creación de una gráfica por computadora, primero se hablará de transformaciones geométricas bidimensionales y posteriormente transformaciones geométricas tridimensionales respectivamente.

Los métodos de transformaciones geométricas en tres dimensiones se extienden de los métodos bidimensionales al incluir las consideraciones para la coordenada de z .

1.2.1. Rotación.

Rotación bidimensional. La rotación bidimensional se aplica a un objeto cuando se cambia su posición a lo largo de la trayectoria de una circunferencia en el plano x y.

En la generación de una rotación es necesario la especificación de un *ángulo de rotación* θ y las coordenadas (x_r, y_r) del *punto de rotación* (punto pivote), que es el punto de referencia sobre el cual gira el objeto. El ángulo θ obtiene valores positivos cuando gira en sentido contrario a las manecillas del reloj con respecto al punto de rotación.



Rotación de un objeto a través de un ángulo tomando como referencia el punto pivote.

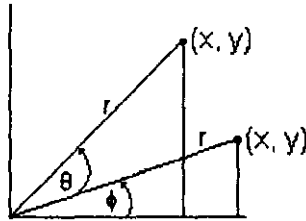
Para rotar un objeto, no se debe de cambiar el tamaño del vector, por lo tanto solo hay que cambiar los componentes en x , y .

Las ecuaciones de transformación para la rotación de un punto P cuando el pivote se encuentra en el origen se pueden desglosar de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}x' &= r \cos(\phi + \theta) = r \cos\phi \cos\theta - r \operatorname{sen}\phi \operatorname{sen}\theta \\y' &= r \operatorname{sen}(\phi + \theta) = r \cos\phi \operatorname{sen}\theta + r \operatorname{sen}\phi \cos\theta\end{aligned}$$

Donde

r = distancia constante
del punto desde el origen.
 θ = ángulo de rotación.
 ϕ = posición angular original
del punto desde el plano horizontal



Rotación de un punto con respecto al origen.

Las coordenadas del punto en coordenadas polares son:

$$x = r \cos \phi, \quad y = r \operatorname{sen} \phi$$

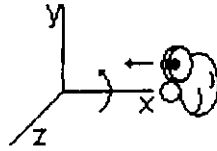
Al sustituir las expresiones anteriores en las ecuaciones obtenemos lo siguiente:

$$\begin{aligned} x' &= x \cos \theta - y \operatorname{sen} \theta \\ y' &= x \operatorname{sen} \theta + y \cos \theta \end{aligned}$$

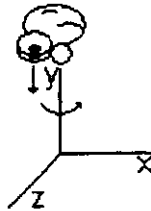
Con las representaciones de vector se puede expresar las ecuaciones de rotación en la forma de matriz, donde la rotación es

$$R = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\operatorname{sen} \theta \\ \operatorname{sen} \theta & \cos \theta \end{bmatrix}$$

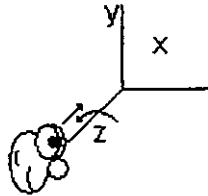
Rotación tridimensional. Para generar una rotación de un objeto en dos dimensiones tenemos que escoger el punto pivote sobre el cual va a rotar; en el caso de la rotación tridimensional debemos designar el eje de rotación, que es con respecto del cual girará el objeto, además de la cantidad de rotación angular.



Rotación positiva con respecto al eje x.



Rotación positiva con respecto al eje y.



Rotación positiva con respecto al eje z.

Los ángulos que producen giros en sentido contrario a las manecillas del reloj con respecto al eje de una coordenada son ángulos de rotación positiva.

Las ecuaciones de rotación bidimensional se extienden y dan forma a la rotación tridimensional agregando el eje z, y quedan de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}x' &= x \cos\theta - y \sin\theta \\y' &= x \sin\theta + y \cos\theta \\z' &= z\end{aligned}$$

En la forma homogénea de las coordenadas, las ecuaciones de la rotación del eje de las z tridimensional se expresa como

GRAFICACIÓN POR COMPUTADORA

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\operatorname{sen} \theta & 0 & 0 \\ \operatorname{sen} \theta & \cos \theta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix}$$

Y se puede describir como

$$P' = R_z(\theta) \cdot P$$

Al utilizar las sustituciones $x \rightarrow y \rightarrow z \rightarrow x$, o también llamadas permutaciones cíclicas se pueden obtener las ecuaciones de transformación para la rotación en los otros dos ejes. A continuación se muestra la ecuación para una *rotación del eje de las x*.

$$\begin{aligned} y' &= y \cos \theta - z \operatorname{sen} \theta \\ z' &= y \operatorname{sen} \theta + z \cos \theta \\ x' &= x \end{aligned}$$

En su forma homogénea queda de la siguiente manera

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta & -\operatorname{sen} \theta & 0 \\ 0 & \operatorname{sen} \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix}$$

De manera más sucinta

$$P' = R_x(\theta) \cdot P$$

Siguiendo con las permutaciones de las ecuaciones, obtenemos las ecuaciones de transformación para una *rotación del eje de las y*.

$$\begin{aligned} z' &= z \cos \theta - x \operatorname{sen} \theta \\ x' &= z \operatorname{sen} \theta + x \cos \theta \\ y' &= y \end{aligned}$$

La representación para la rotación del eje de las y es

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & 0 & \text{sen}\theta & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\text{sen}\theta & 0 & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix}$$

o de la siguiente forma

$$P' = R_y(\theta) \cdot P$$

1.2.2. Traslación.

Traslación bidimensional. La translación bidimensional se aplica a un objeto para cambiar su posición a lo largo de una trayectoria de una línea recta de una dirección de coordenadas a otra.

Sean las ecuaciones $x' = x + t_x$ y $y' = y + t_y$, donde t_x y t_y son las distancias de translación, (x, y) coordenadas originales y (x', y') coordenadas de la nueva posición. El par de distancia de translación (t_x, t_y) se llama *vector de translación* o también conocido como *vector de cambio*.

Las ecuaciones anteriores pueden quedar descritas en forma matricial de la siguiente forma

$$P = \begin{bmatrix} x1 \\ x2 \end{bmatrix}; P' = \begin{bmatrix} x'1 \\ x'2 \end{bmatrix}; T = \begin{bmatrix} tx \\ ty \end{bmatrix}$$

Su forma homogénea es la siguiente

$$P' = P + T$$

Traslación tridimensional. Se dice que un objeto se traslada en tres dimensiones cuando transforma cada uno de los puntos de definición del objeto. La representación homogénea tridimensional de una ecuación de translación de un punto $P = (x, y, z)$ a la posición $P' = (x', y', z')$ se define con la siguiente matriz.

$$\begin{aligned} x' &= x + t_x \\ y' &= y + t_y \\ z' &= z + t_z \end{aligned}$$

Equivalente a

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & tx \\ 0 & 1 & 0 & ty \\ 0 & 0 & 1 & tz \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix}$$

En donde t_x , t_y , t_z son las distancias de traslación para las direcciones de las coordenadas x , y , z , y se les asignan valores reales cualesquiera. Esta ecuación queda de forma similar como

$$P' = T . P$$

1.2.3. Escalación.

Escalación bidimensional. La escalación sirve para alterar el tamaño de una geometría, esto implica aumentar o disminuir su área del objeto. Sean las ecuaciones

$$\begin{aligned} x' &= x . s_x \\ y' &= y . s_y \end{aligned}$$

Donde s_x y s_y son los factores de escalación.

Estas ecuaciones se describen en forma matricial de la siguiente manera.

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} s_x & 0 \\ 0 & s_y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$$

O de la siguiente forma

$$P' = S . P$$

La forma de escalar los objetos en la dirección de x es alterar el factor de escalación s_x , mientras que si se altera s_y lo hará en dirección del eje y . Existen dos tipos de escalación, una se llama *escalación uniforme* y consiste en mantener las proporciones relativas de los objetos, ésta sucede cuando se les asigna el mismo valor a s_x y s_y . El otro tipo de escalación es la *escalación diferencial*, la cual se presenta cuando los

valores de s_x y s_y son distintos y tiene mucha utilidad en aplicaciones de modelado.

Los objetos que son escalados también cambian de posición, los factores de escalación que tienen un valor menor a 1 acercan los objetos al origen de las coordenadas, mientras que los factores de escalación mayores a 1 hacen lo contrario.

Se puede controlar la ubicación de un objeto escalado seleccionando una posición que se llama *punto fijo* y que es la que debe permanecer sin cambios después de la escalación. Se tienen las siguientes ecuaciones

$$\begin{aligned}x' &= x_f + (x - x_f)s_x \\y' &= y_f + (y - y_f)s_y\end{aligned}$$

Separando los términos de multiplicación y de adición

$$\begin{aligned}x' &= x \cdot s_x + x_f(1 - s_x) \\y' &= y \cdot s_y + y_f(1 - s_y)\end{aligned}$$

Donde los términos $x_f(1 - s_x)$ y $y_f(1 - s_y)$ son constantes para todos los puntos del objeto.

Escalación tridimensional. La transformación de escalación tridimensional de un punto $P = (x, y, z)$ con respecto al origen puede quedar descrita con la siguiente matriz:

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} s_x & 0 & 0 & 0 \\ 0 & s_y & 0 & 0 \\ 0 & 0 & s_z & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix}$$

o de la siguiente manera

$$P' = S \cdot P$$

Las expresiones explícitas con respecto al origen son:

$$\begin{aligned}x' &= x \cdot s_x \\y' &= y \cdot s_y\end{aligned}$$

$$z' = z \cdot s_z$$

La concatenación de estas tres transformaciones trasladar→escalar→trasladar, da como resultado la representación matricial de la escalación de punto fijo.

$$T(x_f, y_f, z_f) \cdot S(s_x, s_y, s_z) \cdot T(-x_f, -y_f, -z_f) = \begin{bmatrix} s_x & 0 & 0 & (1-s_x)x_f \\ 0 & s_y & 0 & (1-s_y)y_f \\ 0 & 0 & s_z & (1-s_z)z_f \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

1.3. VISTA BIDIMENSIONAL.

Se deben tomar en cuenta las técnicas para mostrar imágenes en un monitor. Por lo regular el usuario es quien especifica la sección y ubicación de una imagen que se debe presentar, es conveniente usar cualquier sistema de coordenadas cartesianas el cual lleva el nombre de *marco de referencia de coordenadas mundiales* para lograr este objetivo.

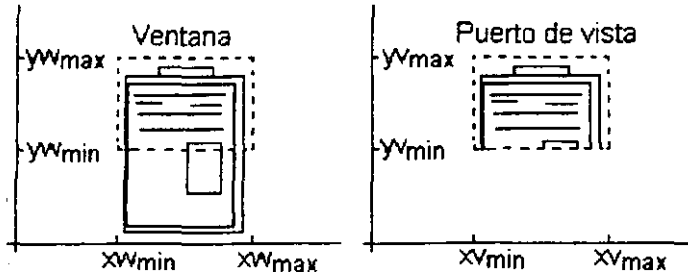
Ventana: Se puede definir como un área de coordenadas mundiales que es seleccionada para su despliegue.

Puerto de vista: Es definido como el área que comprende una ventana en un dispositivo de salida. De manera más sencilla se puede decir que la ventana determina que es lo que se debe ver; y el puerto de vista define donde se debe desplegar.

La *transformación de vista:* Es conocida como el mapeo de una parte de una escena de coordenadas mundiales a coordenadas de dispositivo, sin embargo, la vista implica un poco más que la transformación de la ventana al puerto de vista.

1.3.1. Tubería de vista.

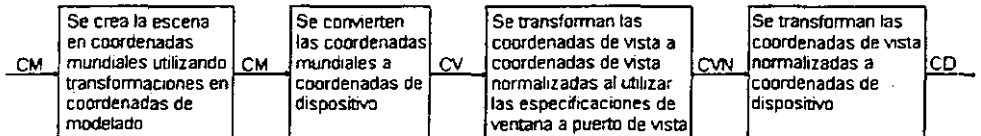
En la tubería de vista primero se debe realizar la escena en coordenadas mundiales, este paso se realiza al utilizar los primitivos de salida. Posteriormente se debe de establecer un *sistema de coordenadas de vista* bidimensional en el plano de coordenadas mundiales además de definir una ventana en el *sistema de coordenadas de vista*.



La figura de la izquierda muestra las coordenadas mundiales (Ventana), y la de la derecha las coordenadas de dispositivo (Puerto de vista).

Para poder transformar descripciones en coordenadas mundiales a coordenadas de vista, debemos de establecer el marco de referencia de vista, de esta manera se define un puerto de vista en coordenadas normalizadas en el rango de 0 a 1 y efectuamos un mapeo de la descripción de la escena en coordenadas de vista a coordenadas normalizadas.

El último paso a seguir es recortar todas las partes de la imagen que se encuentran fuera del puerto de vista y se traslada el contenido del puerto de vista a coordenadas de dispositivo.



Pasos para la transformación de vista bidimensional.

Para poder ver los objetos en distintas posiciones en el área de despliegue de un dispositivo de salida, debemos de cambiar la posición del puerto de vista.

1.3.2. Transformación de coordenadas de ventana a puerto de vista.

Cuando seleccionamos la extensión de una ventana en coordenadas de vista y los límites del puerto de vista en coordenadas normalizadas se transfieren las descripciones del objeto al marco de referencia de vista. Esto se realiza cuando utilizamos una transformación que mantiene la misma localización relativa que los objetos en un espacio normalizado tenían en coordenadas de vista.

Sea un punto que se encuentra en la posición (xw, yw) y es mapeado en la posición (xv, yv) en el puerto de vista asociado. Con el fin de conservar la misma posición relativa en el puerto de vista que en la ventana, será necesario tomar en cuenta lo siguiente

$$\begin{aligned} [xv - xv_{min} / xv_{max} - xv_{min}] &= [xw - xw_{min} / xw_{max} - xw_{min}] \\ [yv - yv_{min} / yv_{max} - yv_{min}] &= [yw - yw_{min} / yw_{max} - yw_{min}] \end{aligned}$$

Despejando para (xv, yv) del puerto de vista, se tiene

$$\begin{aligned} xv &= xv_{min} + (xw - xw_{min})sx \\ yv &= yv_{min} + (yw - yw_{min})sy \end{aligned}$$

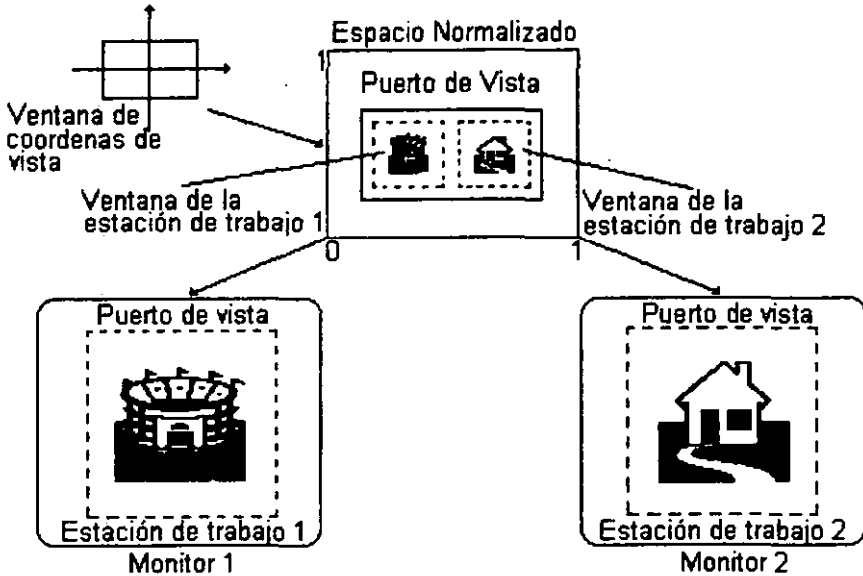
Donde sx y sy son los factores de escalación

$$\begin{aligned} sx &= [xv_{max} - xv_{min} / xw_{max} - xw_{min}] \\ sy &= [yv_{max} - yv_{min} / yw_{max} - yw_{min}] \end{aligned}$$

Si los factores de escalación son iguales $sx = sy$, se mantienen las proporciones relativas de los objetos. En caso contrario si $sx \neq sy$ los objetos tendrán dimensiones distintas ya sea en dirección de x o y al desplegarse en una pantalla o cualquier otro dispositivo de salida.

Partiendo de coordenadas normalizadas es posible el mapeado de los objetos en diversos dispositivos de salida, esto consiste en aplicar cualquier cantidad de dispositivos de salida en una aplicación particular y realizar otra transformación de ventana a puerto de vista para cada dispositivo de salida.

El mapeo de *transformación de estación de trabajo* se realiza cuando seleccionamos un área de la Ventana en un espacio normalizado y un área del puerto de vista en las coordenadas del dispositivo de despliegue.



Transformación de estación de trabajo.

Las transformaciones de estación de trabajo se utilizan para dividir una vista de manera que se puedan desplegar distintas partes del espacio normalizado en distintas pantallas, además de lograr cierto control adicional en la disposición de las partes de una escena en dispositivos de salida individuales.

1.3.3. Operaciones de recorte.

Un algoritmo de recorte se define como cualquier procedimiento que identifica las partes de una imagen que se encuentran ya sea adentro o afuera de una región específica del espacio.

Una ventana de recorte queda descrita como la región contra la cual se recorta un objeto.

Es posible aplicar algoritmos de recorte a coordenadas mundiales de manera que sólo el contenido de la ventana se despliegue en a coordenadas del dispositivo.

El recorte de coordenadas mundiales separa los primitivos que se encuentran fuera de la ventana ignorándolos y elimina el procesamiento para transformarlos en espacio del dispositivo.

De forma análoga, el recorte de puerto de vista puede reducir los cálculos ya que permite la concatenación de las matrices de vista y

transformación geométrica, pero este recorte requiere la transformación a coordenadas de dispositivo para todos los objetos, incluyendo los que se encuentran fuera de la ventana.

Recorte de puntos. Si guardamos un punto $P(x, y)$ en una ventana para que sea mapeado se deben tomar en cuenta las siguientes desigualdades:

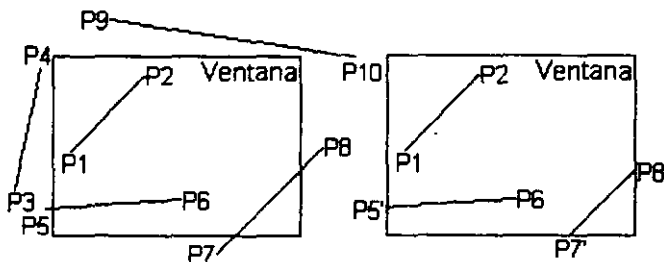
$$xW_{min} \leq x \leq xW_{max}$$

$$yW_{min} \leq y \leq yW_{max}$$

Donde xW_{min} , xW_{max} , yW_{min} , yW_{max} son las aristas de la ventana de recorte.

Si no se satisface cualquiera de esta desigualdades es recortado el punto, es decir, no se guarda para el despliegue.

Recorte de líneas. El procedimiento de recorte implica varias partes, la primera de ellas es comprobar si un segmento de línea dado se encuentra por completo dentro de la ventana de recorte, y por último si no es posible identificar que una línea se encuentre por completo fuera o dentro de la ventana de corte, se deberán realizar cálculos de intersección con una o más fronteras de recorte.



Líneas antes y después del recorte realizado por la ventana.

Para un segmento de línea con los extremos (x_1, y_1) y (x_2, y_2) , y uno o ambos extremos fuera del rectángulo de recorte, se tiene la siguiente expresión paramétrica

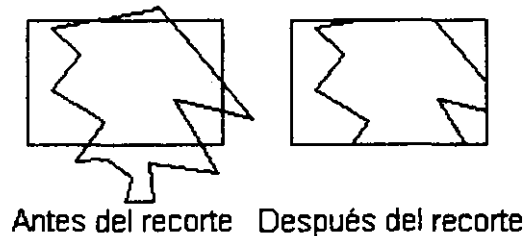
$$x = x_1 + u(x_2 - x_1)$$

$$y = y_1 + u(y_2 - y_1)$$

$$0 \leq u \leq 1$$

Si el valor de u para una intersección con una arista de frontera de una ventana de recorte esta fuera del rango de 0 a 1, la línea no se encuentra dentro de la ventana en esa frontera, en caso contrario en el que si se cumpla esta condición el segmento de línea si cruza el área de recorte.

Recorte de polígonos. El recorte de líneas también puede ser utilizado para el recorte de polígonos para ventanas cóncavas (Método vectorial o el de rotación) y para ventanas de recorte con fronteras curvas (Ecuaciones de la curva).



Recorte correcto y mapeo de un polígono.

Existen distintos tipos de algoritmos de recorte para polígonos, entre los más importantes se incluyen el *Método de Shuterland-Hodgeman* en este algoritmo los vértices de un polígono convexo se procesan en orden contra las cuatro fronteras de la ventana para producir una lista de vértices de salida para el polígono recortado.

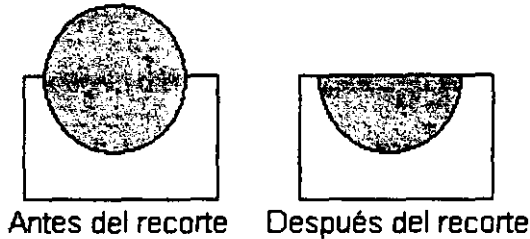
El siguiente método es el de *Liang y Barsky*, este método utiliza ecuaciones paramétricas de línea para representar las aristas del polígono convexo y emplean una prueba similar a la que se realiza en el corte de líneas para producir una lista de vértices de salida para el polígono recortado.

El *método de Weiler-Atherland* consta de un algoritmo que procesa los vértices de los polígonos en orden para producir una o más listas de vértices de salida de polígonos.

Por último el *método de Weiler* realiza el recorte al encontrar la región de intersección de los dos polígonos. Este método y el de Weiler-Atherland recortan en forma correcta polígonos convexos y cóncavos, y estos algoritmos de recorte también permiten que la ventana de recorte sea un polígono general.

Recorte de curvas. La ventana entrelazada para una circunferencia u otro objeto que contenga una circunferencia se puede

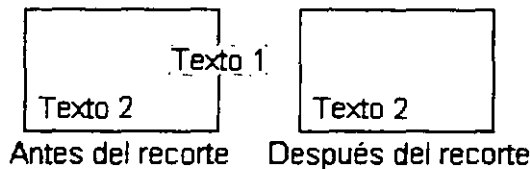
utilizar para probar la superposición con otra ventana de recorte. Si el rectángulo entrelazado para el objeto esta por completo dentro de la ventana se guarda el objeto, en caso contrario, cuando se determina que el rectángulo está por completo fuera de la ventana se elimina el objeto.



Recorte de una circunferencia llena.

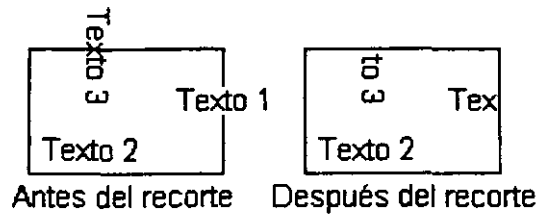
Si la prueba del rectángulo entrelazado fracasa será necesario buscar otros planteamientos que producen los cálculos. Estos procedimientos de recorte son más lentos que los algoritmos de recorte de líneas o los algoritmos de recorte de polígonos debido a que las ecuaciones de curva son no lineales.

Recorte de texto. El método más simple para procesar las cadenas de caracteres con respecto de una frontera de una ventana es utilizar la estrategia de *recorte de cadenas de todas o ninguna*, si toda la cadena se encuentra dentro de la ventana de recorte, se conserva, en caso contrario ésta es eliminada.



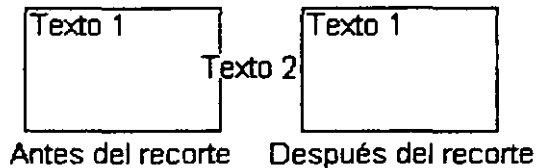
Recorte de cadenas de todas o ninguna.

El *recorte de caracteres de todos o ninguno* es una alternativa para rechazar una cadena de caracteres completa que se superpone en la frontera de una ventana, en esta estrategia solo se eliminan los caracteres que no están por completo dentro de la ventana.



Recorte de caracteres de todos o ninguno.

El tercer método para manejar el recorte de texto es recortar los componentes de los caracteres individuales, si un carácter individual se superpone con la frontera en una ventana de recorte, recortamos las partes del carácter que se encuentran fuera de la ventana.



Recorte de texto que se realiza sobre los componentes de caracteres individuales.

I.4. VISTA TRIDIMENSIONAL.

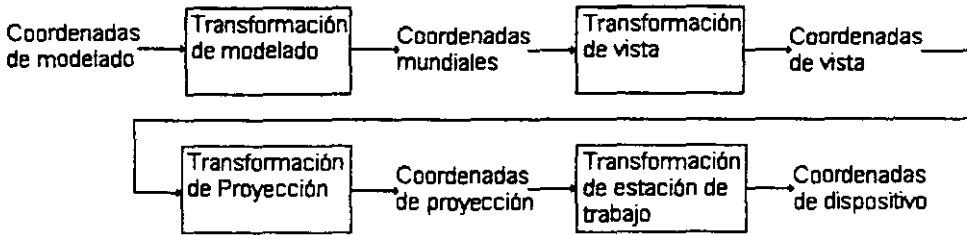
En las aplicaciones gráficas bidimensionales las operaciones de vista transfieren posiciones del plano de coordenadas mundiales a posiciones de píxel en el plano del dispositivo de salida. En el caso de la aplicaciones gráficas tridimensionales la situación es más complicada porque ahora tenemos más opciones para la generación de vistas.

I.4.1. Tubería de vista.

La generación de una vista de una escena tridimensional generada por computadora tiene una secuencia de pasos que son análogos a los procesos necesarios para la toma de una fotografía, tomando en cuenta que la analogía de la cámara fotográfica solo se puede aplicar hasta cierto punto.

En la siguiente figura se muestran los pasos generales del procesamiento para modelar y realizar la conversión de una escena en coordenadas mundiales a coordenadas de dispositivo.

GRAFICACIÓN POR COMPUTADORA



Tubería de transformación tridimensional general.

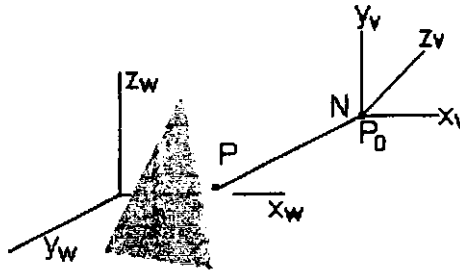
1.4.2. Coordenadas de vista.

El sistema de coordenadas de vista se utiliza en paquetes de graficación como una referencia para especificar la posición de visión del observador y la posición del plano de proyección. Los objetos que se encuentran dentro de los límites de visión son procesados a través de la identificación de la superficie visible y los procedimientos de presentación de superficies a fin de producir el despliegue dentro del puerto de vista; los objetos que se encuentran fuera de estos límites son ignorados.

Plano de visión: Podemos considerar el plano de visión, o también conocido como *plano de proyección*, como el plano de la película en una cámara, el cual se ha colocado y orientado para la filmación particular de la escena. Las posiciones en coordenadas mundiales en la escena se transforman a coordenadas de vista, que a su vez se proyectan en el plano de visión.

Para establecer el marco de referencia de las coordenadas de vista, primero escogemos un *punto de referencia de vista*, que es una posición en coordenadas mundiales y es el origen del sistema de coordenadas de vista. De forma ordinaria se selecciona el punto de referencia de vista cerca o sobre la superficie de algún objeto en una escena, pero también se puede escoger un punto que se encuentre en el centro del objeto, grupo de objetos o en alguna posición exterior enfrente de la escena que se desea desplegar.

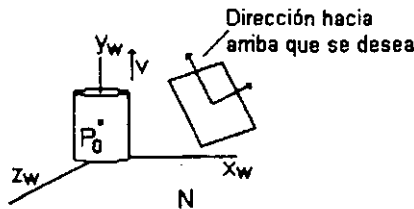
Posteriormente se debe seleccionar la dirección positiva para el eje de vista z_v y la orientación del plano de visión, esto es realizado al especificar el vector normal del plano de visión N , elegimos una posición de coordenadas mundiales y este punto establece la dirección para N con respecto del origen mundial o del origen de coordenadas de vista.



Método para definir la dirección de N, que es el punto de visión hacia el punto de referencia de vista.

Existe otra posibilidad de establecer un sistema de coordenadas de lado izquierdo y tomar N y el eje positivo de z_v del origen de vista al puerto de vista, solo se debe de establecer la dirección de z_v , la magnitud no es de importancia ya que se normalizará N a un vector unitario mediante los cálculos de vista.

El último paso es indicar la dirección de la vista al especificar un vector de vista hacia arriba V , que nos sirve para establecer la dirección positiva del eje y_v , también es posible definir el vector V como un vector de coordenadas mundiales.

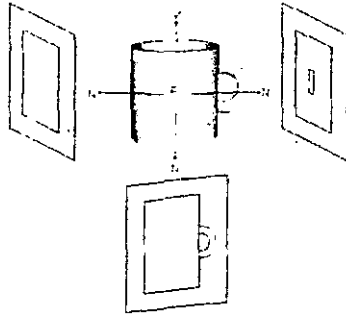


Seleccionando V a lo largo del eje y_w se establece la orientación del plano de visión en la dirección deseada.

Utilizando los vectores N y V , un paquete de gráficas puede calcular un tercer vector llamado U , perpendicular tanto a V como a N , para definir la dirección para el eje de x_v , de esta manera será posible ajustar la dirección del vector V de modo que sea perpendicular a los vectores N y U , con el fin de establecer la dirección de vista de y_v .

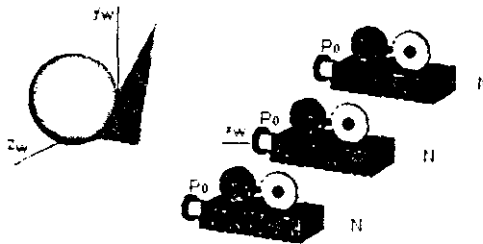
Con el fin de obtener una serie de vistas en una escena, se puede conservar fijo el punto de referencia de vista y cambiar la dirección del

vector N , esta operación corresponde a la generación de vistas conforme nos desplazamos alrededor del origen de las coordenadas de vista.



Punto de referencia de vista fijo con vistas de una escena desde direcciones distintas.

Al cambiar la dirección de N , podemos ver una escena desde cualquier dirección excepto a lo largo de la línea V . Si deseamos crear la simulación de movimiento de una cámara a través de una escena, se debe mantener fijo N y mover el punto de referencia de vista alrededor.



Movimiento a través de una escena al cambiar el punto de referencia de vista de posición.

Transformación de coordenadas mundiales a coordenadas de vista: La conversión de las descripciones de objetos de coordenadas mundiales a coordenadas de vista equivale a una transformación que superpone el marco de referencia de vista sobre el marco mundial al utilizar las operaciones de traslación y rotación. La transformación consta de dos pasos, en el primero se traslada el punto de referencia de vista al origen del sistema de coordenada mundiales, y el segundo paso consta

de la aplicación de rotaciones para alinear los ejes x_v, y_v, z_v con los ejes mundiales x_w, y_w, z_w , de manera respectiva.

Si el punto de referencia de vista se encuentra en una posición mundial (x_0, y_0, z_0) , se traslada ese punto hacia el origen mundial con la matriz de transformación siguiente.

$$T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -x_0 \\ 0 & 1 & 0 & -y_0 \\ 0 & 0 & 1 & -z_0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

La serie de pasos de rotación puede implicar hasta tres rotaciones del eje de coordenadas, según la posición que para N se seleccione.

Existe otro método para generar la matriz de transformación y rotación, este método consiste en el cálculo de los vectores unitarios u, v, n y formar la matriz de rotación compuesta de manera directa. Ya que tenemos los vectores unitarios N y V , se pueden calcular de la siguiente manera

$$\begin{aligned} n &= N / |N| = (n_1, n_2, n_3) \\ u &= V * N / |V * N| = (u_1, u_2, u_3) \\ v &= n * u = (v_1, v_2, v_3) \end{aligned}$$

Este método también ajusta en forma automática la dirección de V de modo que v sea perpendicular a n . De esta manera la matriz de rotación compuesta para la transformación de vista que transforma u en el eje mundial x_w , v en el eje y_w y n en el eje de las z , es la siguiente

$$R = \begin{bmatrix} u_1 & u_2 & u_3 & 0 \\ v_1 & v_2 & v_3 & 0 \\ n_1 & n_2 & n_3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

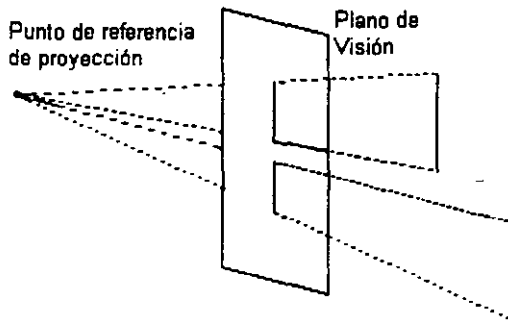
La forma de conseguir la transformación completa de coordenadas mundiales a coordenadas de vista sería por medio del producto matricial

$$M_{WC, VC} = R \cdot T$$

1.4.3. Proyecciones.

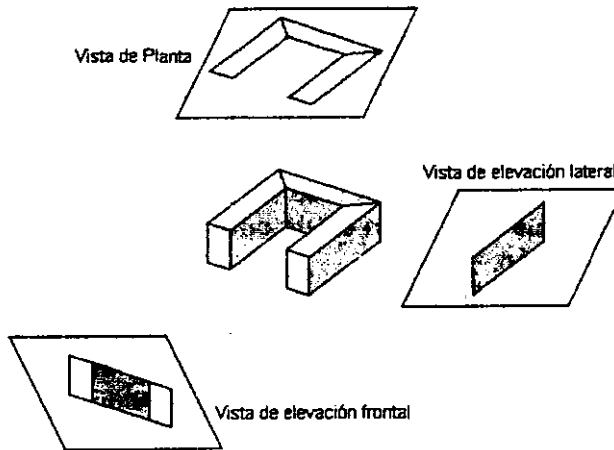
Para la proyección existen dos métodos básicos, el primero es método de *proyección paralela*, el cual consiste en la transformación de las posiciones de coordenadas de plano de visión a lo largo de líneas paralelas. El otro método es el *método de proyección en perspectiva*, en donde se transforman las posiciones de los objetos en el plano de visión a lo largo de líneas que convergen en un punto, el cual se llama punto de referencia de proyección.

Proyección paralela: Un *vector de proyección* define la dirección de las líneas de proyección y nos sirve para especificar una proyección paralela. Cuando tenemos una proyección perpendicular al plano de visión, se tiene una *proyección paralela ortogonal*, de otra manera tendríamos una *proyección paralela oblicua*.



Proyección en perspectiva de objetos del mismo tamaño a diferentes distancias desde el plano de visión.

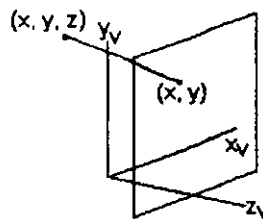
Para producir vistas frontales, laterales y superiores de un objeto es empleada la proyección ortogonal, las proyecciones ortogonales frontales y laterales se conocen como *elevaciones* y las proyecciones ortogonales de vista superior son conocidas como *vistas de planta*.



Proyecciones ortogonales de un objeto, con vistas de elevaciones y planta.

También es posible crear proyecciones ortogonales que desplieguen más de una cara de un objeto, estas vistas se llaman *proyecciones ortogonales axonométricas*. La proyección axonométrica más común es la *proyección isométrica* que se realiza al alinear el plano de proyección de modo que intercepte cada eje de coordenadas en que se define el objeto (*ejes principales*) a la misma distancia del origen.

Si el plano de visión es situado en la posición z_{vp} a lo largo de z_v , entonces cualquier punto (x, y, z) en coordenadas de vista se transforma a coordenadas de proyección como $x_p = x$, y $y_p = y$, donde el valor original de la coordenada z se conserva para la información de profundidad necesaria en los procedimientos de indicación de la intensidad y determinación de la superficie visible. De esta manera las ecuaciones de transformación para una proyección paralela ortogonal son directas.



Proyección ortogonal de un punto en el plano de visión.

La proyección oblicua es obtenida al proyectar puntos a lo largo de líneas paralelas que no son perpendiculares al plano de proyección, el punto (x, y, z) se proyecta la posición (x_p, y_p) en el plano de visión. Las coordenadas de proyección ortogonal en el plano son (x, y) .

La línea de proyección oblicua de (x, y, z) a (x_p, y_p) hace un ángulo α con la línea en el plano de proyección, la cual une (x_p, y_p) y (x, y) . Esta línea de longitud L , está en un ángulo ϕ con la dirección horizontal del plano de proyección.

Se pueden expresar las coordenadas de proyección en términos de x, y, L y ϕ como

$$\begin{aligned}x_p &= x + L \cos\phi \\y_p &= y + L \sen\phi\end{aligned}$$

Donde L depende del ángulo α y la coordenada z del punto que se va a proyectar

$$\tan \alpha = z / L \therefore L = z / \tan\alpha = zL_1$$

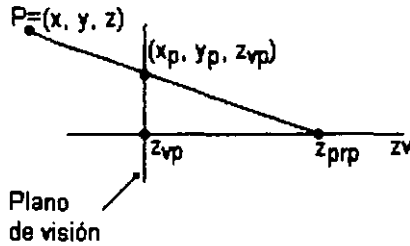
Donde $L = \tan^{-1} \alpha$ y este también es el valor de L cuando $z=1$. De esta manera es posible expresar las ecuaciones de proyección oblicua como

$$\begin{aligned}x_p &= x + z(L_1 \cos\phi) \\y_p &= y + z(L_1 \sen\phi)\end{aligned}$$

La matriz de transformación para producir cualquier proyección paralela en el plano x, y , se puede expresar como

$$M_{\text{paralel}} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & L_1 \cos\phi & 0 \\ 0 & 1 & L_1 \sen\phi & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Proyección en perspectiva. Para obtener una proyección en perspectiva es necesario transformar puntos a lo largo de líneas de proyección.



Proyección en perspectiva de un punto P en el plano de visión.

Se pueden expresar ecuaciones al describir las posiciones de coordenadas a lo largo de la línea de proyección en perspectiva en forma paramétrica de la siguiente manera

$$\begin{aligned}x' &= x - xu \\y' &= y - yu \\z' &= z - (z - z_{prp})u\end{aligned}$$

Donde u tiene valores de 0 a 1 y la posición de coordenadas (x', y', z') representa cualquier punto a lo largo de la línea de proyección. En el plano de visión $z' = z_{vp}$ y se puede despejar la ecuación de z para el parámetro u en esta posición a lo largo de la línea de proyección

$$u = z_{vp} - z / z_{prp} - z$$

Al sustituir el valor para las ecuaciones de x' y y' , se obtienen las ecuaciones de transformación de perspectiva y son las siguientes

$$\begin{aligned}x_p &= x[z_{prp} - z_{vp} / z - z_{prp}] = x[d_p / z - z_{prp}] \\y_p &= y[z_{prp} - z_{vp} / z - z_{prp}] = y[d_p / z - z_{prp}]\end{aligned}$$

Donde $d_p = z_{prp} - z_{vp}$ es la distancia del plano de visión desde el punto de referencia de proyección. Utilizando una representación de coordenadas homogéneas tridimensionales se puede expresar la transformación de proyección en perspectiva en forma matricial de la siguiente manera

$$\begin{bmatrix} xh \\ yh \\ zh \\ h \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & zvp/dp & -zvp(zprp/dp) \\ 0 & 0 & 1/dp & -zprp/dp \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix}$$

El factor homogéneo de esta representación es

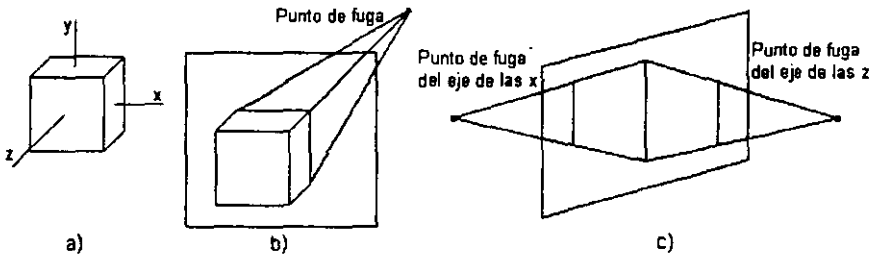
$$h = z - z_{prp} / d_p$$

Las coordenadas de proyección en el plano de visión se calculan a partir de las coordenadas homogéneas como

$$x_p = x_h / h, \quad y_p = y_h / h$$

Donde el valor de la coordenada z se conserva en las coordenadas de proyección para la superficie visible y otros procedimientos de intensidad.

Las líneas paralelas que son paralelas al plano de visión se proyectarán como líneas paralelas, el punto en el que converge un conjunto de líneas paralelas que se proyecta se denomina *punto de fuga*.



- a) Descripción de coordenadas, b) Proyección en perspectiva de un punto y c) Proyección en perspectiva de dos puntos.

El punto de fuga para cualquier conjunto de líneas que son paralelas a uno de los ejes principales de un objeto se le conoce como *punto de fuga principal*.

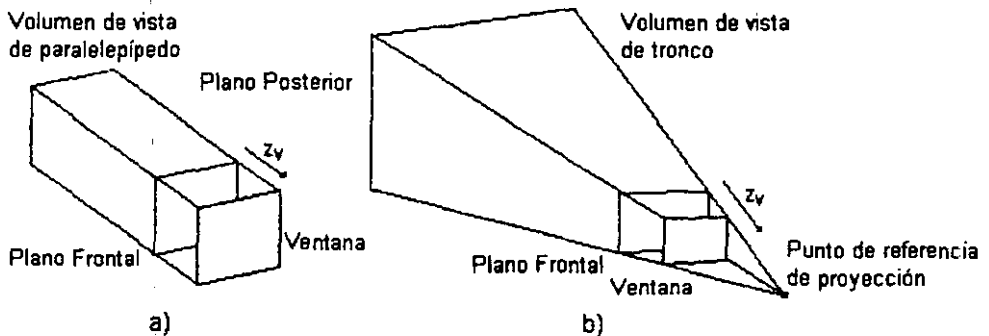
1.4.4. Volúmenes de vista y transformaciones de la proyección general.

En una vista tridimensional una ventana de vista, o de proyección, en el plano de visión se usa para determinar la parte de la escena que se capta. Las aristas de una ventana de vista son paralelas al eje de las x_v , y_v y las posiciones de frontera de la ventana se especifican en coordenadas de vista.

Al utilizar las fronteras de la ventana podemos establecer un volumen de vista, dada la especificación de la ventana de vista. Solo aquellos objetos en el volumen de vista aparecerán en el despliegue que se genera en un dispositivo de salida, todos los demás objetos se recortarán del despliegue.

Es posible obtener un volumen de vista finito al limitar la extensión del volumen en la dirección de z_v , esto se realiza al especificar las posiciones para uno o dos planos de fronteras adicionales.

Los planos de fronteras de z_v se conocen como *plano frontal* y *plano posterior*, del volumen de vista. Los dos planos deben de estar situados en el mismo lado del punto de proyección y el plano posterior debe de estar más distante del punto de proyección que el plano frontal; al incluir los planos frontal y posterior, se produce un volumen de vista limitado por seis planos, estos seis planos forman un paralelepípedo rectangular en una proyección paralela ortogonal; mientras que una proyección paralela oblicua produce un volumen de vista de paralelepípedo oblicuo.



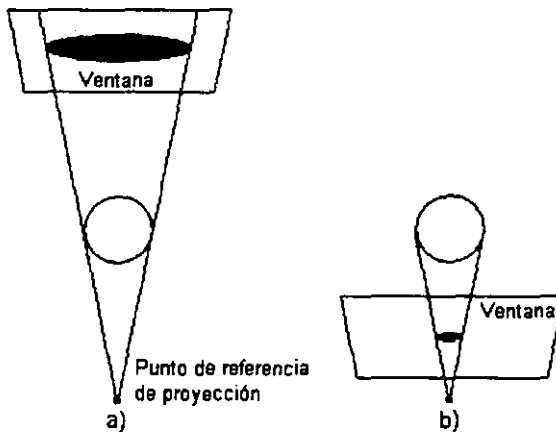
a) Figura que ilustra la proyección paralela, y b) Proyección en perspectiva.

Cuando tenemos una proyección en perspectiva, los planos de recorte frontal y posterior truncan el volumen de vista piramidal infinito para formar algo que se llama *tronco*.

Los planos de recorte frontal y posterior permite eliminar partes de la escena a partir de las operaciones de vista con base en la profundidad.

Las proyecciones paralelas ortogonales no se ven afectadas por el posicionamiento del plano de visión, ya que las líneas de proyección son perpendiculares al plano de visión sin importar su localización.

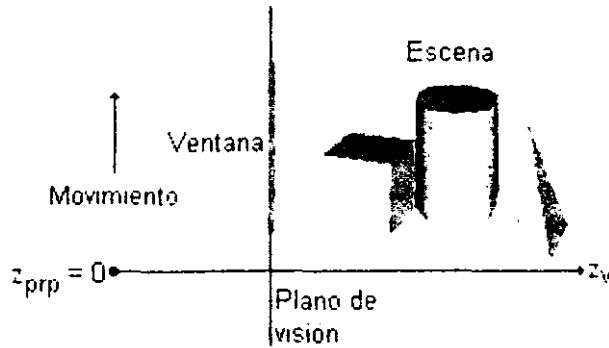
El tamaño proyectado de un objeto en una vista de perspectiva también se ve afectado por la posición relativa del objeto y el plano de visión, si el plano de visión está detrás del objeto el tamaño del objeto que se proyecta aumenta. De otra manera si el plano de visión se encuentra frente al objeto, es decir, más cerca del punto de referencia de proyección, el tamaño del objeto que se proyecta disminuye.



La posición del plano de visión con respecto del punto de referencia de proyección, ya sea frente o detrás del objeto hace que la que la proyección del objeto varíe de tamaño.

Para una vista estática de una escena, el plano de visión por lo regular debe de estar situado en el origen de las coordenadas de vista, el cual se localiza en un punto específico de la escena.

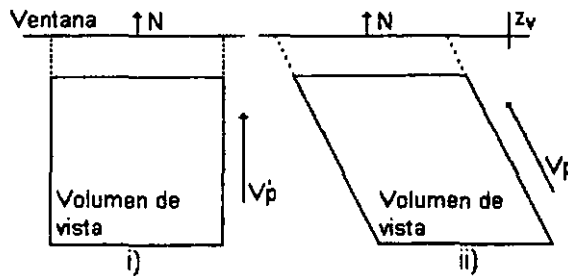
Se posiciona el punto de referencia de proyección para obtener la cantidad de perspectiva deseada.



Posicionamiento del plano de visión para simular un marco de referencia de cámara para una secuencia de animación.

En una secuencia de animación, se puede ubicar el punto de referencia de proyección en el origen de las coordenadas de vista y disponer del plano de visión enfrente de la escena.

Transformaciones de la proyección paralela general: La figura de la derecha presenta la forma general de un volumen de vista finito para un vector de proyección determinado y una ventana de vista en el plano de visión. Obtenemos la transformación de proyección oblicua con una operación de recorte que convierte el volumen de vista de la figura izquierda al paralelepípedo rectangular que aparece en la figura de la derecha. Los elementos de la transformación de recorte necesarios para generar el volumen de vista que se presenta en la figura (i) se obtienen considerando la transformación de recorte del vector de proyección.



- i) *Volumen de vista de un paralelepípedo rectangular,*
- ii) *Vector de proyección oblicua y volumen de vista asociado.*

Suponiendo que los elementos del vector de proyección en coordenadas de vista son los siguientes

$$V_p = (p_x, p_y, p_z)$$

Es necesario determinar los elementos de una matriz de recorte que alineará el vector de proyección V_p con el vector normal del plano de visión N , y se puede expresar esta transformación como

$$V'_p = M_{\text{parallel}} \cdot V_p = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ pz \\ 0 \end{bmatrix}$$

Donde

$$M_{\text{parallel}} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & a & 0 \\ 0 & 1 & b & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Las ecuaciones de transformación explícitas de la expresión V'_p en términos de a b que son parámetros de recorte quedan de la siguiente manera

$$\begin{aligned} 0 &= p_x + ap_z \\ 0 &= p_y + bp_z \end{aligned}$$

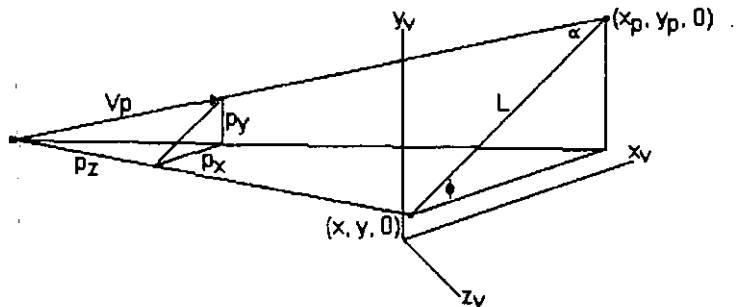
Quedando los parámetros de recorte como

$$a = -p_x / p_z, \quad b = p_y / p_z$$

Por lo tanto la matriz de proyección paralela general en términos del vector de proyección es

$$M_{\text{parallel}} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -p_x/p_z & 0 \\ 0 & 1 & -p_y/p_z & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Con base a la figura siguiente se pueden relacionar los componentes del vector de proyección con los parámetros L , α y ϕ .



Relación entre el vector de proyección paralela y V_p y los parámetros L , α y ϕ .

Por medio de triángulos similares se puede apreciar que

$$L \cos\phi / z = -p_x / p_z$$

$$L \sin\phi / z = -p_y / p_z$$

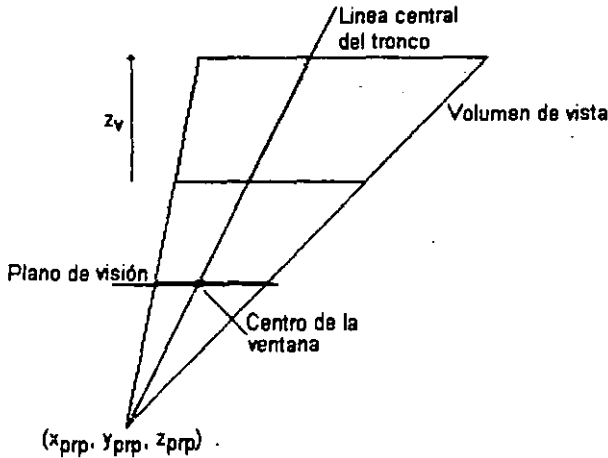
Donde z y p_z son signos opuestos para las posiciones que se ilustran en la figura, $z < 0$.

Transformaciones de la proyección en perspectiva general: Es posible la obtención de la transformación de proyección en perspectiva general con dos operaciones. La primera consiste en recortar el volumen de vista de modo que la línea central del tronco sea perpendicular al plano de visión.

En la segunda operación se escala la vista con un factor de escalación que depende de $1/z$.

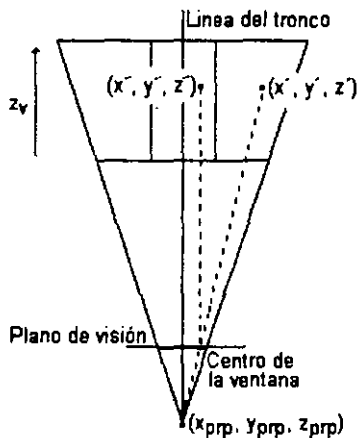
La figura que a continuación se muestra, ilustra la forma de un volumen de vista finito para una posición arbitraria del punto de referencia de proyección.

GRAFICACIÓN POR COMPUTADORA



Volumen de vista de perspectiva con un punto de referencia de proyección que no está en el eje de z_v .

En el siguiente esquema se presenta una operación de recorte para alinear un volumen de vista de perspectiva general con la ventana de proyección, esta transformación tiene efecto al realizar el cambio de todas las posiciones que caen a lo largo de la línea central del tronco incluyendo el centro de la ventana, a una línea perpendicular al plano de visión.



Recorte de un volumen de vista de perspectiva general para centrarlo en la posición de la ventana de proyección.

Teniendo el punto de referencia de proyección en una posición general $(x_{prp}, y_{prp}, z_{prp})$, implica la transformación una combinación de recorte del eje de las z y una traslación.

$$M_{shear} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & a & -az_{prp} \\ 0 & 1 & b & -bz_{prp} \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Donde

$$a = -[(x_{prp} - (xw_{min} + xw_{max}) / 2) / z_{prp}]$$

$$b = -[(y_{prp} - (yw_{min} + yw_{max}) / 2) / z_{prp}]$$

Que son los parámetros de recorte; los puntos que se ubican dentro del volumen de vista se transforman mediante esta operación como

$$x'' = x_{prp} - (x' - x_{prp})(z_{prp} / z - z_{prp})$$

$$y'' = y_{prp} - (y' - y_{prp})(z_{prp} / z - z_{prp})$$

Quedando la representación de la matriz homogénea de la siguiente manera

$$M_{scale} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & a & -x_{prp} / z_{prp} \\ 0 & 1 & b & -y_{prp} / z_{prp} \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 / z_{prp} & 1 \end{bmatrix}$$

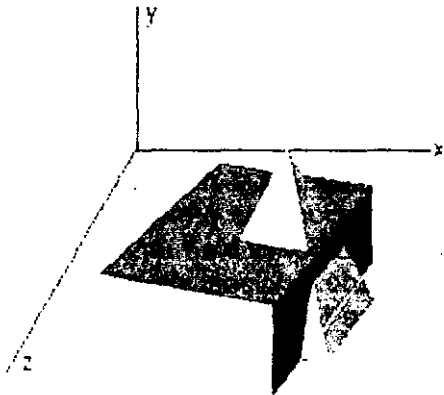
Definiendo así la matriz de transformación de proyección en perspectiva general como

$$M_{perspective} = M_{scale} \cdot M_{shear}$$

1.4.5. Recorte.

Un algoritmo para el recorte tridimensional identifica y guarda todos los segmentos de la superficie dentro del volumen de vista para desplegarlos en el dispositivo de salida.

Todas las partes de los objetos que se encuentran en el exterior del volumen de vista se eliminan. El recorte en tres dimensiones puede ser efectuado al utilizar extensiones de los métodos de recorte bidimensional; en lugar de recortar contra las fronteras de ventana de línea recta, ahora se recortan los objetos contra los planos de frontera del volumen de vista.



Volumen de vista

Objeto que intercepta un volumen de vista de paralelepípedo rectangular.

Para recortar la superficie de un polígono se pueden recortar las aristas individuales del polígono. Primero probamos la extensión de las coordenadas contra cada frontera del volumen de vista para determinar si el objeto se encuentra por completo dentro o fuera de esa frontera.

Si la extensión de las coordenadas del objeto está dentro de todas las fronteras, es guardada. Si la extensión de las coordenadas del objeto está fuera de todas las fronteras se elimina. De otro modo es preciso efectuar los cálculos de la intersección.

Recortar contra un paralelepípedo rectangular es más sencillo porque cada superficie ahora es perpendicular a uno de los ejes de coordenadas, las partes inferior y superior del volumen de vista son

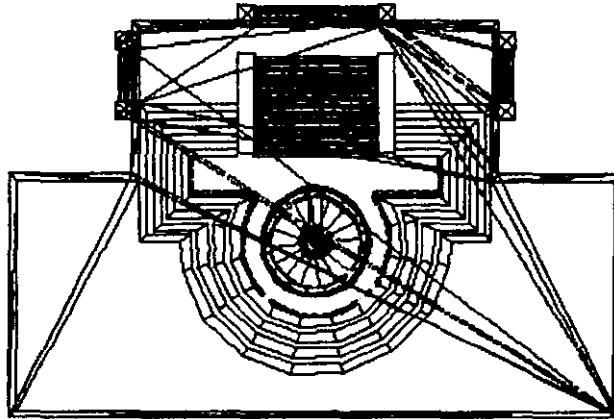
planos de constante y , los lados son planos de constante x y los planos posterior y frontal son planos de constante z .

En el caso de una proyección paralela ortogonal el volumen de vista ya es un paralelepípedo rectangular. Los volúmenes de vista de proyección oblicua se convierten en un paralelepípedo rectangular mediante la operación de recorte y los volúmenes de vista de perspectiva se convierten en una combinación de escalación y transformación de recorte.

1.5. DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA (C. A. D.).

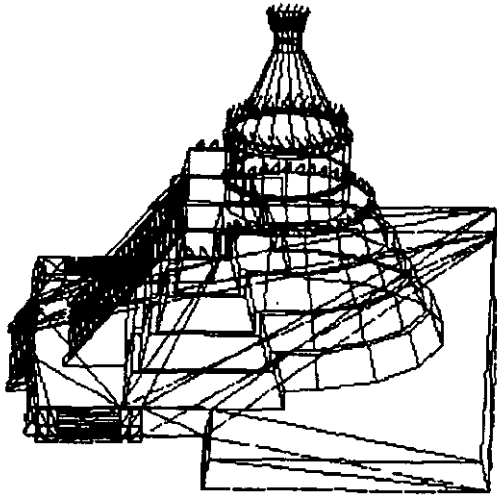
El *diseño asistido por computadora*, conocido por sus siglas en Inglés CAD (*Computer Assisted Desing*) es un método que se utiliza de forma rutinaria en el diseño de modelos de cualquier tipo. En este método se despliega el modelo en forma de armazón o malla que muestra la forma general y sus características internas.

El CAD atiende prioritariamente aquellas tareas exclusivas del diseño, tales como el modelado, pero normalmente permite realizar otras tareas complementarias relacionadas principalmente con la presentación y el análisis del diseño realizado. Si bien un sistema CAD puede adoptar infinidad de aspectos y puede funcionar de muchas formas distintas, hay algunas particularidades que todos comparten y que han sido adoptadas como normas.



*Vista de planta del templo de Quetzalcoatl, Tenochtitlan.
(Operación del modelo tipo malla en CAD).*

El CAD permite ordenar y procesar la información relativa a las características de un objeto material y en el caso particular de la arquitectura e ingeniería, sirve para construir un modelo análogo del edificio o instalación. En el espacio imaginario es posible construir, con elementos también imaginarios, la mayor parte de los componentes del edificio; colocar cada elemento en la posición que le corresponde en relación a los demás, caracterizar cada elemento en función de sus propiedades intrínsecas (forma, tamaño, material, etc.) y también caracterizarlo en sus propiedades extrínsecas (función, precio, etc.). El propio CAD permite, a la vez, ver en la pantalla las plantas cortes o vistas necesarios del modelo que se está construyendo y también posibilita modificar en cualquier momento las características del mismo. Los cambios al modelo son reflejados instantáneamente en las distintas formas de representación, por lo que hace posible la verificación constante de las decisiones del usuario, en cierto modo, evita la necesidad de dibujar; es decir: el usuario decide cómo son las cosas y el CAD muestra cómo se ven.



*Vista lateral del templo de Quetzalcoatl, Tenochtitlan.
(Manejo de perspectivas y modificaciones en CAD).*

Los distintos paquetes de software de aplicaciones de CAD proporcionan al usuario un entorno amigable con ventanas múltiples. Las diversas ventanas que se despliegan pueden mostrar secciones

amplificadas con perspectivas diferentes del objeto modelo, esto le facilita al usuario la experimentación rápida del espacio requerido para el sistema a simular.

1.6. MODELOS DE ILUMINACIÓN.

Un *modelo de iluminación* es también llamado *modelo de alumbrado* o *modelo de sombreado*, es utilizado para calcular la intensidad de luz que percibimos desde un punto determinado en la superficie de un objeto. De modo fundamental los efectos de iluminación se describen con modelos que consideran la interacción de la energía electromagnética con la superficie de los objetos; una vez que la luz llega nuestros ojos, activa un proceso de percepción que determina lo que en realidad se ve en una escena.

Los *modelos de iluminación física* implican varios factores, como el tipo de objeto, posición del objeto respecto de las fuentes de luz y otros objetos y las condiciones de la fuente de luz que establecemos para una escena. A menudo los *modelos de iluminación* en las gráficas por computadora se derivan en forma aproximada de las leyes físicas que describen las intensidades de la luz de la superficie.

1.6.1. Tipos de luz.

Luz ambiental. La fuente de luz ambiental es usada para simular el efecto de la reflexión ínterdifusa. Si no hubiera esta reflexión todas las áreas no iluminadas directamente por una fuente de luz serían completamente oscuras.

Luz puntual. Las luces puntuales son exactamente lo que su nombre indica, un punto de luz, no tiene tamaño, es invisible e ilumina todo en la escena por igual independientemente de la distancia a la fuente de luz (este comportamiento puede ser modificado). Esta es la forma más simple y básica de fuente de luz.

Luz cónica (focos). Los focos son un tipo de fuente de luz muy útil, pueden ser usados para añadir brillos y características de iluminación del mismo modo que un fotógrafo utiliza los focos. Las luces focales tienen forma de cono, lo que quiere decir que su efecto cambia con la distancia, cuanto más lejos de la fuente de luz está un objeto, más grande será el radio aparente.

Luz extendida. Hasta aquí todas las fuentes de luz han tenido una cosa en común: producían sombras pronunciadas, esto es debido a que la fuente de luz actual es un punto que es infinitamente pequeño. Los objetos están o directamente expuestos a la luz, en cuyo caso están

completamente iluminados, o no lo están, o están completamente en la sombra; las luces extendidas tienen dimensiones en dos ejes.

En la vida real, este tipo de situación con sombra y luz extrema existe únicamente en el espacio exterior, donde la luz directa del sol penetra en la oscuridad total del espacio, pero aquí en la Tierra la luz se curva alrededor de los objetos, rebota en ellos y normalmente la fuente tiene alguna dimensión, lo que significa que puede estar parcialmente oculta a la vista (las sombras ya no serán bruscas). Esto es conocido como penumbra, un área intermedia donde no hay ni luz total ni oscuridad, para simular esta suave sombra un graficador debe dar a sus fuentes de luz dimensión.

1.6.2. Modelos híbridos de iluminación.

Las técnicas híbridas surgen debido a las limitaciones implícitas en cada una de las técnicas de modelado de la iluminación que se habían desarrollado, principalmente *ray tracing* y *radiosidad*, donde cada una de estas técnicas manejaba con muy buenos resultados una parte de los fenómenos de la interacción de la luz con las superficies.

Ray Tracing. Es una de las técnicas de generación de imágenes que permite la aplicación de un modelo de iluminación global para el cálculo de la iluminación en una escena.

El proceso que sigue el ray tracing es el siguiente. Se coloca un observador virtual dentro del espacio donde se define la escena, asociándole una dirección hacia donde va a ver y una amplitud de su campo visual. Una vez hecho esto, se puede establecer el conjunto de direcciones desde las cuales llega la información luminosa que compondrá la imagen. Este conjunto de direcciones es infinito por lo que hay que seleccionar un subconjunto finito que a fin de cuentas es lo que determinará la resolución de la imagen que generemos. A cada una de las direcciones seleccionadas les asociamos un rayo para el cual debemos calcular la iluminación que viene desde esa dirección. Si la dirección está dirigida a un objeto que emite luz, entonces la iluminación estará directamente relacionada con la emisión del objeto, pero si al seguir el rayo de luz llegamos a un objeto que no emite luz por sí mismo, entonces debemos considerar otro tipo de fenómenos que ocurren en el punto donde se interceptan el rayo y la superficie del objeto. En este punto es necesario considerar las leyes físicas que rigen la interacción entre la luz y los materiales que componen los objetos, ya que dependiendo de las características del material y de las condiciones de iluminación del ambiente que rodea al objeto, será la luz que llegue hasta el observador en esa dirección.

Por ejemplo, si el objeto es opaco, sólo habrá que considerar la cantidad de luz que llega a la superficie del objeto a partir de los emisores de luz que están a su alrededor. Pero si el objeto fuera de un material semitransparente, entonces además de considerar las reflexiones habría que tomar en cuenta la iluminación que atraviesa el objeto en la dirección del rayo de refracción.

Este es un proceso que puede ser extremadamente complicado pero que también nos permite generar imágenes con un alto grado de realidad puesto que se están empleando las leyes físicas que reflejan la realidad de lo que percibimos.

Radiosidad. Surge como una técnica para el cálculo de la iluminación global de un ambiente cerrado, a partir de la incorporación de las técnicas de cálculo para transferencia de calor radiado que se empleaban en termodinámica.

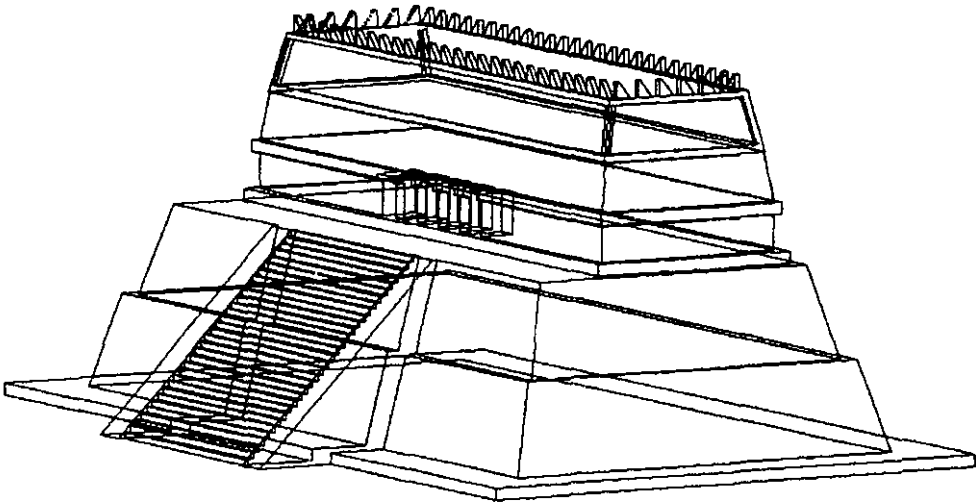
La idea en que se basa esta técnica es buscar el equilibrio de la energía que es emitida por los objetos emisores de luz y la energía que es absorbida por los objetos en el ambiente.

Para llevar a cabo este cálculo de iluminación es necesario considerar que cuando la superficie de un objeto, que no emite luz por sí mismo, es iluminada por otro objeto, ésta absorbe una cierta cantidad de la energía, pero refleja otra parte, por lo que puede ser considerada como una emisora de luz por reflexión. De tal forma que todas las superficies en el ambiente son de una u otra forma emisoras de energía, y por lo tanto cada una afecta a la iluminación de las demás superficies. Esto nos lleva a una dependencia total entre las iluminaciones de las superficies, que podría ser resuelta con el planteamiento de un sistema de n ecuaciones con n incógnitas. Donde n es el número de elementos para los que se desea saber su iluminación.

Desafortunadamente este número n suele ser bastante grande (mayor de 10,000) en escenas no muy complicadas lo que podía hacer demasiado lento el proceso de cálculo, y además este tipo de cálculo de iluminación global estaba restringido a solo una parte de los fenómenos que ocurren durante la interacción de la luz y las superficies de los objetos. Es decir que solo modelaba las reflexiones difusas.

Durante los años recientes se ha seguido desarrollando esta técnica para poder acelerar el proceso de cálculo e incorporar otro tipo de fenómenos como la reflexión especular y la refracción, así como el mapeo de texturas.

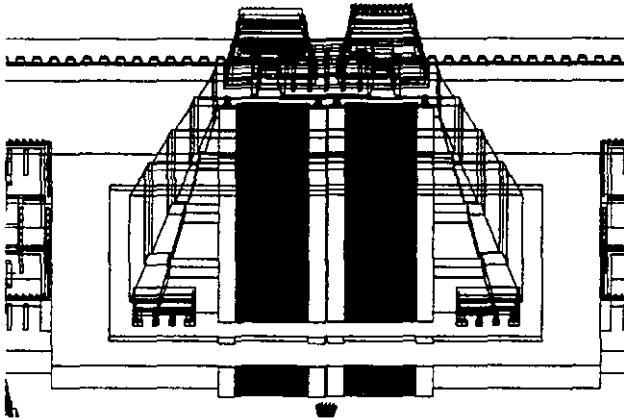
Capítulo **III**



Modelado 3D.

II.1. MODELADO.

El *modelado* es la creación y manipulación de la representación de un sistema, cualquier representación recibe el nombre de *modelo de sistema*.



Modelado del Templo Mayor, Tenochtitlan.

En la graficación por computadora es común que se haga referencia a los modelos gráficos como *modelos geométricos*, ya que las partes que conforman un sistema se representan con formas geométricas o líneas.

Un modelo proporciona cierta información que es una combinación de datos geométricos y no geométricos. La *información geométrica* incluye las posiciones de coordenadas para localizar los componentes, primitivos de salida y funciones de atributo para definir la estructura de las partes y datos para crear conexiones entre las partes. La *información no geométrica* son etiquetas de texto, algoritmos que describen las características operativas del modelo y las reglas para la delimitación de las relaciones o conexiones entre los demás componentes, si estos no son especificados como datos geométricos.

La *modelación computacional* es una rama de la computación científica que se enfoca a la búsqueda de soluciones aproximadas a problemas científicos que no pueden resolverse por medio de las herramientas matemáticas existentes hasta nuestros días. Esta búsqueda se basa en la aplicación de métodos numéricos a dichos problemas y la implementación de éstos en diferentes lenguajes de programación. Para obtener soluciones en un tiempo razonable y con alto grado de precisión,

los programas implementados se ejecutan generalmente en poderosas supercomputadoras, con lo que se obtienen enormes bases de datos numéricas. Estos datos son analizados mediante programas de visualización especializados que resaltan comportamientos importantes del fenómeno que se estudia.

II.1.2. Procesos del modelado.

El proceso general que sigue la modelación de un problema, desde su concepción en el mundo físico hasta la visualización de los resultados en el monitor de una computadora es como sigue:

Modelo físico. El primer paso es aplicar las leyes físicas que rigen al problema estudiado. Principios tales como balance de masa, balance de cantidad de movimiento, balance de energía, etc., aplicados al fenómeno en cuestión, dan como resultado un conjunto de ecuaciones matemáticas, las cuales se deben resolver para obtener información del comportamiento del fenómeno.

Modelo matemático. Las ecuaciones matemáticas encontradas en el paso anterior son manipuladas de tal forma que se puedan resolver de manera sencilla. En general estas ecuaciones no pueden resolverse analíticamente por lo que es necesario recurrir a los métodos numéricos para obtener soluciones aproximadas. En algunos métodos, tales como el *método de elemento finito* (MEF), se construyen formulaciones variacionales del problema de tal manera que se pueda resolver más fácilmente.

Modelo discreto. En este paso se procede a transformar el dominio de estudio a uno más simple. Se pasa de un dominio continuo infinitesimal a un dominio discreto finito. Lo que se hace es dividir el dominio en pequeños subdominios, conocidos como elementos. El problema se resuelve entonces sobre cada uno de estos elementos. El proceso de división del dominio se conoce como la *generación de la malla* o la *discretización del dominio*. La unión de la solución del problema en cada uno de estos subdominios, da como resultado una solución aproximada al problema en el dominio completo.

Solución del modelo discreto. El resultado de subdividir el dominio es que cada ecuación matemática se transforma en un sistema lineal de ecuaciones, donde el número de ecuaciones es igual al número de elementos. Entonces, entre mayor número de elementos exista habrá

mayor cantidad de ecuaciones lineales. Si hay muchos elementos entonces se tiene mayor precisión pero el proceso de solución es más tardado. Por el contrario, si los elementos son pocos, el tiempo para obtener una solución es menor pero la precisión puede ser muy mala. Para encontrar una solución a los sistemas lineales, existen bastantes métodos, tanto directos como iterativos, que se pueden usar. Es importante elegir un método adecuado para cada sistema lineal, pues un método inadecuado puede introducir errores numéricos que se reflejarán en la solución final del problema. Por ello, un análisis de estabilidad numérica en este punto es muy importante.

Análisis de resultados. Cuando se ha resuelto el problema es necesario hacer un análisis cuidadoso de los datos numéricos resultantes. Existen distintas maneras de hacer este análisis y una de ellas es a través de la *visualización científica*. Revisando de manera cuidadosa las imágenes y animaciones construidas se puede saber si la modelación realizada está bien o mal. Si los resultados no concuerdan con la realidad, entonces es necesario regresar a cada uno de los pasos anteriores para buscar posibles errores.

Lo anterior se puede resumir en la siguiente figura:

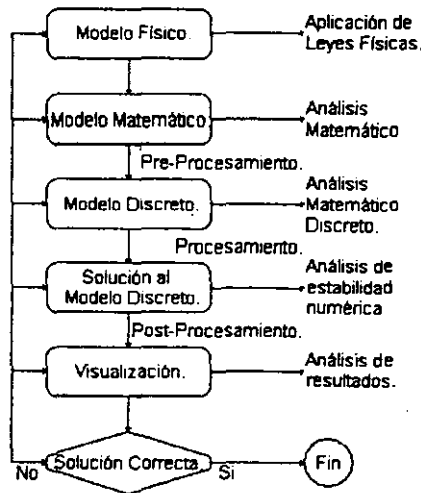


Diagrama de flujo del modelado.

Como se observa, el proceso es cíclico de tal manera que si la visualización final no concuerda con las leyes físicas planteadas al principio, entonces es necesario regresar a algunos de los pasos del proceso con el objeto de buscar posibles errores en el planteamiento y resolución del problema.

En la práctica, el proceso de modelación computacional se divide en tres áreas importantes, las cuales se describen a continuación:

* *Pre-procesamiento*. En este primer paso se prepara el escenario para construir la modelación computacional. Uno de los problemas principales en esta etapa es la construcción de la malla del dominio del problema. Existen muchos métodos para generar mallas, sin embargo se siguen estudiando e inventando nuevas formas de construcción que aceleran el proceso y mejoran la precisión. Muchas veces el éxito de una modelación depende de como se genera la malla.

* *Procesamiento*. Éste es el paso más complicado. Aquí es donde la modelación toma más tiempo ya que se tienen que resolver los sistemas lineales producto de la discretización del dominio. Muchos problemas requieren enormes cantidades de memoria para almacenar y procesar datos del problema, por lo que se requiere del uso de computadoras muy poderosas.

* *Post-procesamiento*. Después de resolver el problema numéricamente, es necesario post-procesar los datos de tal manera que puedan ser manejados para construir gráficas e imágenes entendibles. En esta etapa también se requiere de hacer cálculos y algunas veces estos son comparables con los cálculos del procesamiento en cuanto a tiempo y almacenamiento. Es por ello importante conocer las diferentes técnicas de visualización existentes.

II.1.3. Organización de datos en la creación de un modelo.

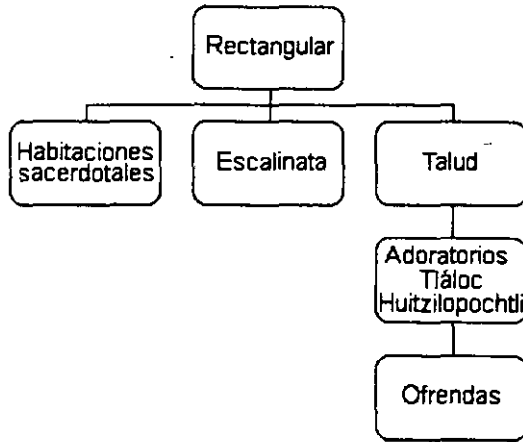
Existen dos formas de organizar la información para crear y manipular un modelo. Un método consiste en guardar la información en una *estructura de datos*, en una tabla en forma de lista relacionada. La otra forma es la especificación de procedimientos, que consiste en definir las *estructuras de datos como procedimientos*, a pesar de que algunos modelos solo se definen por completo con estructuras de datos y otros sólo utilizan especificaciones de procedimientos.

Una forma de llevar a cabo un modelado sólido de objetos puede llevar, en su mayor parte, información derivada de estructuras de datos con muy pocos procedimientos. De otra manera, un modelo climatológico

requiere casi solo procedimientos para calcular trazos de las variaciones de temperatura y presión.

Varios modelos se organizan como símbolos jerárquicos, cuyos símbolos básicos forman objetos compuestos, llamados *módulos*, éstos se pueden organizar para formar módulos de nivel más alto. Para una aplicación en la que se diseñen diferentes formas geométricas, los símbolos básicos se definen como segmentos de línea recta y arcos.

Modelo jerárquico. En la creación de un modelo de sistema existe la posibilidad de hacerlo en forma jerárquica generando estructuras que integrándolas entre sí forman un árbol jerárquico. Conforme se dispone cada estructura en la jerarquía, se le asigna una transformación apropiada de manera que se adapte en forma adecuada al modelo general.



Descripción jerárquica del modelo Templo Mayor, Tenochtitlan.

Las aplicaciones de modelado por lo general requieren la composición de símbolos básicos en grupos, que se denominan módulos, estos se pueden combinar en módulos de nivel más alto y así en modo sucesivo. Estas jerarquías de símbolos se pueden crear al integrar estructuras dentro de las estructuras de cada nivel sucesivo del árbol.

Coordenadas. Al crear modelos con instancias (Copias transformadas) de las formas geométricas se definen en un conjunto de símbolos básicos. Las instancias son creadas al colocar los símbolos básicos en la referencia de coordenadas mundiales del modelo. El

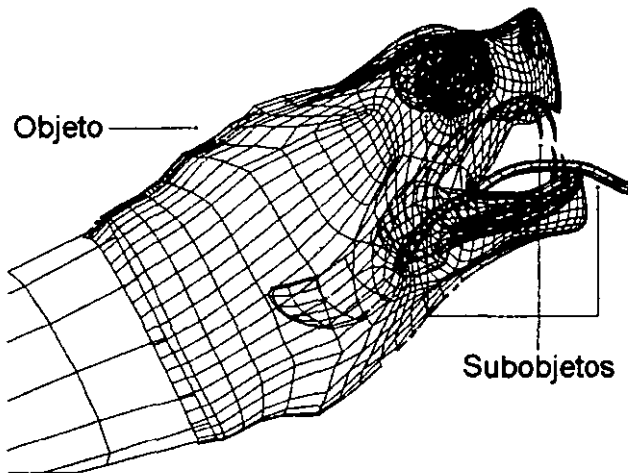
sistema de coordenadas de modelado es cada uno de los diversos símbolos gráficos que se utilizan en una aplicación y se definen en un sistema de coordenadas independientes.

Las coordenadas de modelado también son conocidas como *coordenadas locales* o *coordenadas maestras*.

II.2. MODELADO 3D.

Antes de comenzar a explorar las técnicas de modelado utilizadas en la creación del modelo de la ciudad de México Tenochtitlan y otros modelos creados en esta tesis, se debe conocer mejor la terminología y los conceptos propios del proceso del modelado 3D. En el Capítulo 1, "Graficación por Computadora", se estudiaron los conceptos generales de los gráficos 3D. Ahora nos centraremos sólo en el modelado 3D.

Cuando observamos el modelado 3D, encontramos muchos métodos diferentes para crear la geometría de las escenas. Algunos programas de modelado por computadora manejan la geometría como un objeto formado por subobjetos más pequeños. Manipulando la geometría en el nivel del objeto o del subobjeto, se puede crear cualquier modelo que se necesite.



Cabeza de serpiente utilizada en el modelo fundación de Tenochtitlan, en ella se aprecia el objeto principal y los subobjetos (colmillos, ojos y lengua).

Cada método de modelado manipula objetos y subobjetos de forma distinta y tiene sus ventajas e inconvenientes. Unos tipos de objetos son más fáciles de modelar con un método que con otro.

Existen los siguientes métodos de modelado:

- Modelado con splines.
- Modelado poligonal o de mallas.
- Modelado paramétrico.
- Modelado con correctores.
- Modelado de NURBS.

II.2.1. Métodos de modelado.

En general, los programas de diseño en la actualidad ofrecen muchos métodos de modelado diferentes. Por ello, es posible que no se tengan que utilizar algunos de ellos. La lista siguiente muestra algunos ejemplos de donde se pueden usar los distintos tipos de modelado:

- *Modelado paramétrico:* Implica el uso de objetos que tienen atributos predefinidos, como anchura o altura, o de objetos a los que se han aplicado modificadores. Un objeto es considerado paramétrico si se le puede hacer volver a su versión previa y modificar sus atributos.
- *Modelado con splines:* Resulta muy adecuado para crear cualquier objeto que tenga un perfil o forma que pueda ser solevada o extruida. Este método se llama a veces modelado de mallas, porque el resultado suele ser algún tipo de malla.
- *Modelado de mallas:* Es muy adecuado para objetos mas bien planos y no particularmente orgánicos. Algunos de los objetos que se modelaron para la animación son modelos de mallas.
- *Modelado con correctores:* El modelado con correctores es idóneo cuando hay que crear superficies algo orgánicas que requieren un control extremadamente preciso de la curvatura de la superficie.
- *Modelado de NURBS:* El modelado de NURBS (*Spline básica racional no uniforme*) se utiliza cuando hay que crear superficies muy orgánicas o un objeto con muchas curvas o curvas difíciles.

La elección del método de modelado sólo depende de nosotros. En cualquier caso, lo importante es conocer a fondo todos los métodos, para luego poder acometer cualquier tarea de modelado.

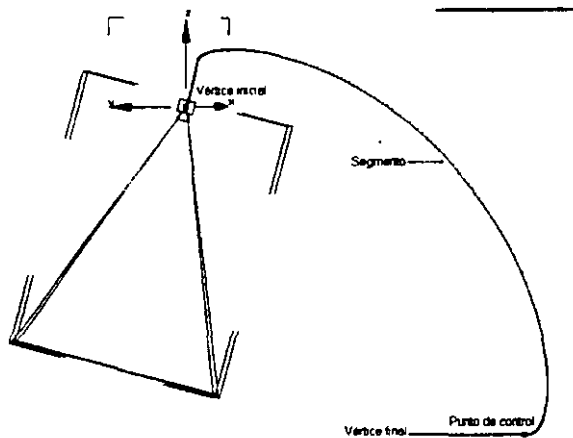
II.2.2. Modelado paramétrico.

El modelado paramétrico es un método de modelado muy útil, en el que todos los parámetros de un objeto pueden ajustarse o animarse en cualquier momento.

En general, el modelado paramétrico es muy eficaz a la hora de animar los parámetros de creación del objeto, incluyendo a los modificadores. Sin embargo, el modelado paramétrico no logra resolver todas las dificultades del modelado, como la cara humana. Aquí es donde entran en juego el modelado con correctores y con NURBS.

II.2.3. Modelado con splines.

El modelado con splines crea los objetos 3D a partir de unas líneas rectas o curvas llamadas splines. Las splines son líneas que normalmente se definen por vértices que pueden ser rectas o curvas. Estas líneas pueden ser transformadas en objetos 3D mediante varios métodos, o pueden representarse directamente como splines representables. Generalmente, las splines se usan para el modelado, pero también se pueden utilizar como recorridos de movimiento para cámaras y objetos de una escena.



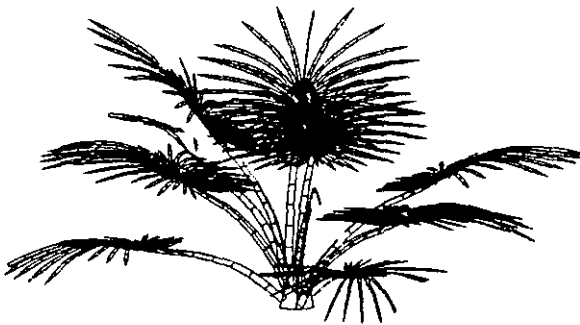
Recorrido de la cámara durante la escena sol de México, donde es utilizada una spline para definir las escenas.

Una forma spline es un objeto, como lo es una línea, un círculo, un arco o incluso un texto.



Texto México, modelado con splines y utilizado en el inicio de la animación.

La spline está compuesta de vértices, segmentos y un objeto general spline. Cada spline tiene un vértice especial, llamado *primer vértice*. Este vértice indica el comienzo de la spline y suele ser el primero que se crea, salvo cuando se utiliza una spline predefinida, como un rectángulo, en cuyo caso el primer vértice lo define el programa de modelado. El primer vértice cobra una gran importancia, sobre todo si se trata de formas cerradas, al crear objetos 3D a partir de splines.



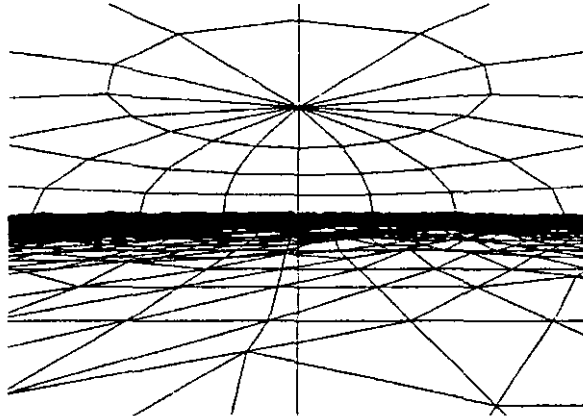
Palma utilizada en la creación de los jardines de Tenochtitlan.

Si al crear una spline, conectamos el último vértice dibujado con el primero, crearemos una forma cerrada. Una *forma cerrada* es una spline que no tiene ninguna abertura en todo su perímetro.

II.2.3. Modelado poligonal o de mallas.

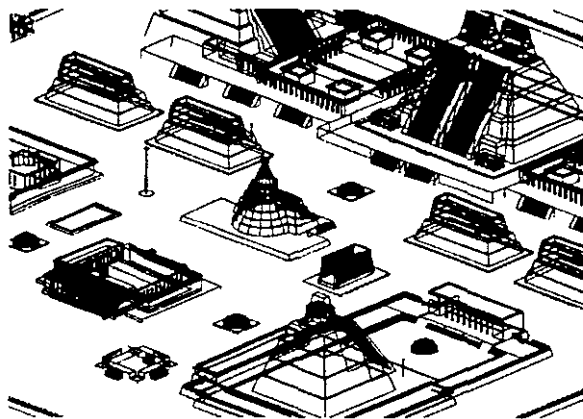
El modelado de mallas (*también llamado modelado poligonal*) crea objetos 3D a partir de polígonos de tres o cuatro lados, combinados para

formar un objeto más complejo. Los objetos de malla se suelen crear como una serie de primitivas que se pueden combinar, transformar y modificar para construir el objeto deseado. De hecho, una spline extruida o solevada es un objeto de malla, porque se crea a partir de polígonos durante un proceso de extrusión o de solevación.



Mallas utilizadas en la creación del ambiente para las escenas fundación y recorrido por Tenochtitlan.

El modelado de mallas es la forma más común de modelar. Con este método, se pueden combinar objetos como cajas y esferas utilizando una gran gama de herramientas, para crear un número casi infinito de objetos 3D.

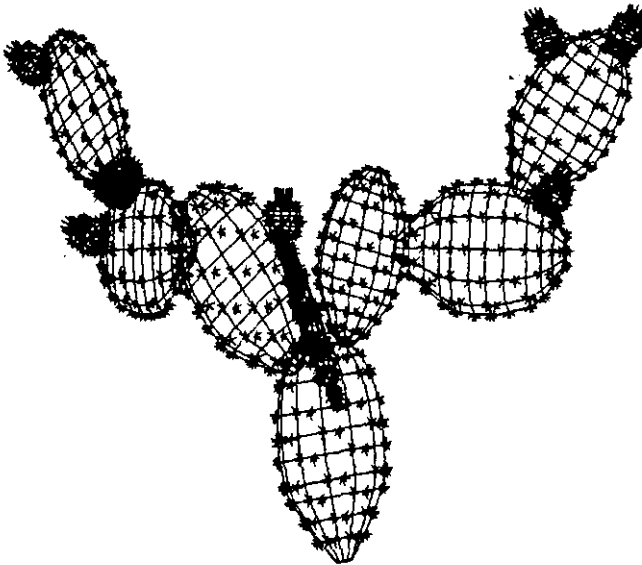


Modelo completo de la ciudad México Tenochtitlan (Recinto sagrado).

Subobjetos de malla.

Al igual que las formas spline, los objetos de malla están creados a partir de subobjetos más pequeños. Todos los objetos de malla están compuestos por *vértices*, *caras* y *aristas*. Estos subobjetos proporcionan un gran control sobre el objeto, sobre todo al empezar a editar el objeto en los niveles de subobjeto. Por ejemplo, simplemente editando una caja de distintas maneras, se pueden crear objetos complejos.

En general, el modelado de mallas conlleva la creación de uno o más objetos, ya sean primitivas, solevados o cualquier otro tipo de malla, para luego modificar ésta hasta adaptarla a lo que se pretenda.

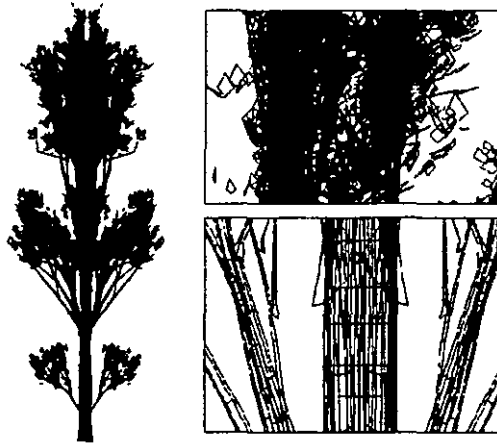


El modelo del nopal es un ejemplo donde se muestran los subobjetos con que fue creado (esferas, cilindros, pirámides y anillos ondulados se modificaron para darle el aspecto real).

El modelado de mallas es potente y fácil de usar, pero tiene sus inconvenientes. Cuando se trata de crear formas muy orgánicas, como la cara humana (o cualquier otro ser vivo), la tarea se vuelve muy complicada. Cuando el modelado de mallas no sea suficiente, habrá que buscar otros métodos de modelado para realizar las tareas más rápida y fácilmente y con resultados aceptables.

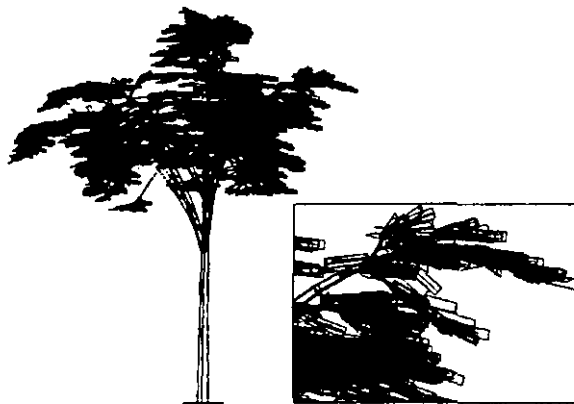
II.2.5. Modelado con correctores.

El modelado con correctores es un método flexible para construir objetos orgánicos y superficies irregulares. Los objetos denominados cuadrículas de corrección son fáciles de editar; su aspecto es suave y realista.



*Árbol llamado huejote, característico de las chinampas
construido con correctores cuadrados.*

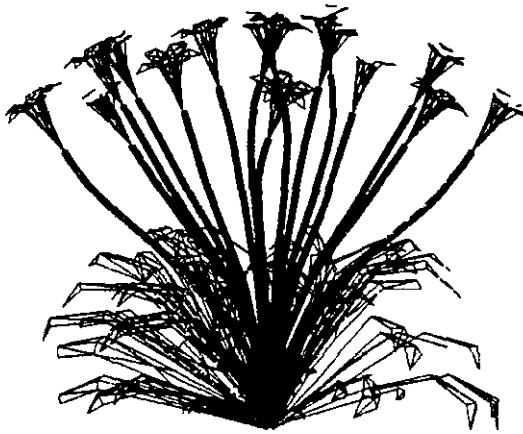
Las cuadrículas de corrección comienzan siendo objetos 2D, y luego pueden transformarse en superficies 3D, lo que constituye una buena "materia prima" para modelos complejos.



Árbol creado a base de correctores cuadriláteros.

Subobjetos de corrección.

Como todos los objetos, los correctores tienen objetos y subobjetos: puntos, aristas y correctores. Además, cuentan con un objeto celosía que es parte de la superficie general. Cuando editamos un corrector en el nivel de subobjeto, editamos bien la celosía, o bien directamente la superficie. Los puntos de una superficie de corrección son los puntos de control de la celosía. Ajustando estos puntos, estamos ajustando la curvatura de la superficie. Al igual que ocurre con las splines, los puntos de control de la celosía tienen asas de tangente independientes para controlar la curvatura de la superficie cuando ésta entra y sale del vértice.



Modelo de flor que se utilizó en los jardines de Tenochtitlan.

También se pueden editar las aristas de un corrector. La única tarea de edición que se puede hacer en este nivel consiste en añadir más correctores a la superficie con la que estamos trabajando. Los correctores añadidos adoptan la curvatura de la arista seleccionada.

- **Segmentos.** Los correctores, como las Splines y los objetos de malla, tienen segmentos que se pueden utilizar para aumentar el nivel de detalle. Los segmentos permiten controlar con precisión superficies con una celosía complicada, o crear una superficie más compleja que se deforme más suavemente. A medida que aumentamos el número de segmentos de la superficie, la celosía aumenta en concordancia. Una vez más, se debe intentar que el

número de segmentos sea lo menor posible, para ahorrar memoria.



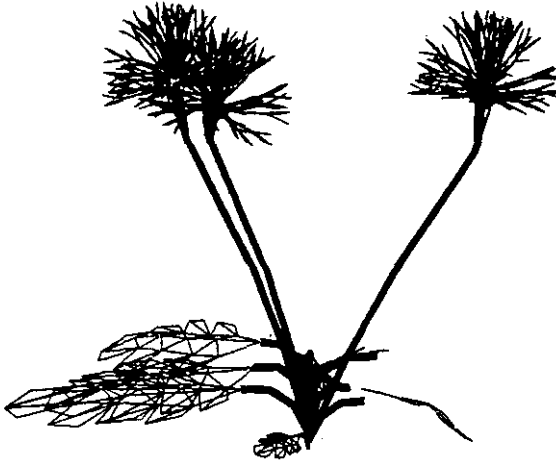
Modelo de una planta utilizada en la escena fundación de Tenochtitlan.

El método de modelado con correctores es parecido a modelar una figura con plastilina. Se crean una o más cuadrículas de corrección, que se utilizarán para formar la superficie del objeto. Luego, se manipulan los puntos de control para hundir la superficie o tirar de ella hasta obtener la forma deseada. Esto puede parecer tedioso y lento, pero se pueden obtener resultados aceptables con rapidez.

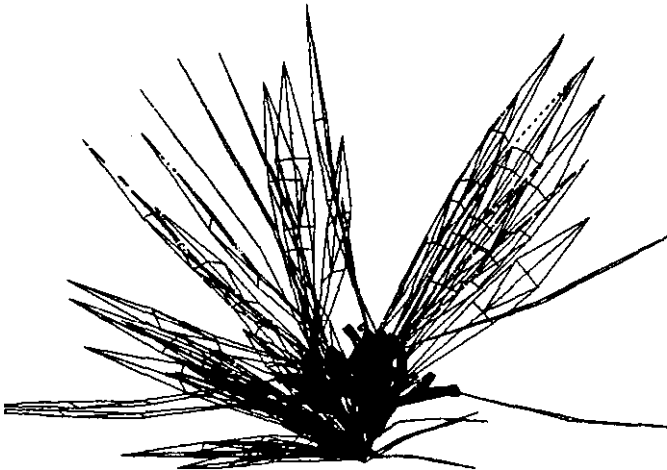


Malla de flor elaborada a base correctores triláteros.

Aun siendo un método flexible, el modelado con correctores tiene sus limitaciones. Por ejemplo, alinear las aristas de los correctores adecuadamente para formar correctores más grandes puede resultar difícil. Tampoco se puede crear una superficie combinada entre dos correctores sin ayuda. Aquí es donde aparece el modelado de NURBS.



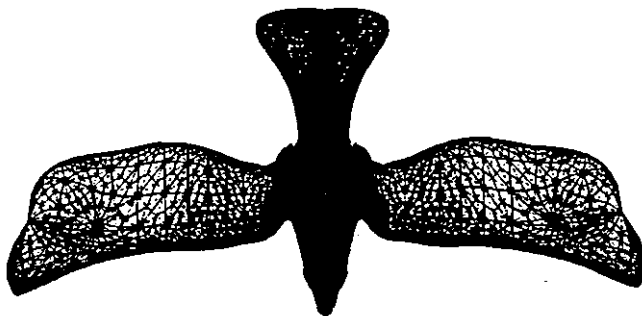
Modelo de flor acuática empleada en la escena de la fundación de Tenochtitlan y colocada a las orillas del islote.



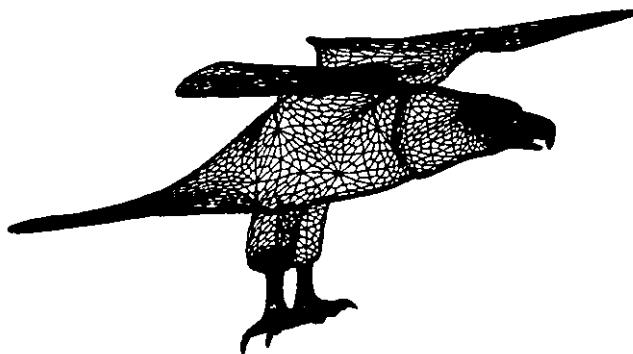
Maguey utilizado en ambas escenas de la animación de Tenochtitlan (Fundación y recorrido).

II.2.6. Modelado de NURBS.

El *modelado de splines básicas racionales no uniformes* (llamadas simplemente NURBS) es probablemente el método de modelado más potente, hoy en día, para crear superficies complicadas. Hay dos formas de modelar con NURBS: una consiste en crear splines NURBS y luego crear superficies entre las splines. La otra consiste en crear superficies NURBS y luego ajustar las superficies o crear curvas de combinación entre ellas.



Modelo del águila, el cual fue elaborado con NURBS.



Vista lateral de la malla del modelo del águila

Curvas NURBS.

Las curvas NURBS se crean a partir de puntos o vértices de control. La diferencia está en la interpretación de la curva alrededor de los vértices. Cuando se usan puntos, la curva pasa directamente a través de los puntos de control. Cuando se usan los *vértices de control* (VC), los puntos actúan de forma parecida a una celosía de deformación.



Malla completa de la escena de fundación de Tenochtitlan.

Las curvas de VC ofrecen numerosas ventajas sobre las curvas de puntos. Una curva VC se interpreta entre los vértices y alrededor de ellos, con lo que es más fácil controlarla. Además, se puede asignar un peso determinado a los vértices.

Como las splines, las curvas NURBS también funcionan como formas y una sola forma NURBS puede albergar varias curvas NURBS. Las formas NURBS se usan entonces como base para crear superficies NURBS. Este proceso presenta dos conceptos clave cuya comprensión es muy importante a la hora de trabajar con NURBS: la independencia y la dependencia.

Objetos NURBS independientes y dependientes.

Los puntos, curvas y superficies NURBS pueden catalogarse, como independientes, o bien como dependientes. Un objeto NURBS independiente es un objeto autónomo, como una curva NURBS, que no depende de otra geometría para definir su forma. Un objeto NURBS

dependiente depende de otros objetos NURBS para determinar su forma y estructura. Una superficie NURBS basada en curvas es una superficie dependiente, porque la situación y la orientación de las curvas contribuyen a determinar su forma. Las curvas dependientes se pueden convertir en independientes en cualquier momento para varias operaciones. Muchos de los comandos NURBS permiten crear objetos tanto en forma de curvas dependientes como independientes.

Superficies NURBS.

El último tipo de objeto NURBS es la superficie NURBS. Al igual que ocurre con las curvas NURBS, hay dos tipos de superficies: de puntos y de VC. De nuevo, una curva de puntos tiene puntos de control en cada vértice y una superficie VC utiliza una celosía, de forma similar al modelado con correctores. La diferencia aparece cuando deformamos la superficie transformando un punto de control. En los correctores, la deformación se basa en los principios de las splines de Bézier. Aunque el resultado es una superficie muy suave, aún es una aproximación. Las superficies NURBS por otro lado, son extremadamente precisas y la deformación es mejor.

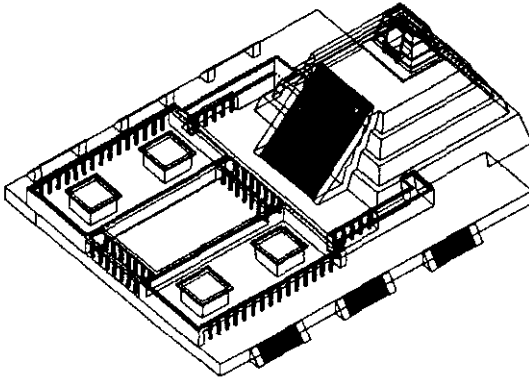
En general, NURBS entiende el modelado de forma distinta a los modelados de mallas o de spline. En éstos, se crean objetos y se deforman para crear objetos distintos. En NURBS, se crean superficies combinando o creando superficies entre las splines NURBS. Cuando se está habituado a trabajar con mallas, se tarda un tiempo en hacerse con la metodología pero, una vez que uno se acostumbra, se llegan a crear modelos complejos de manera fácil y rápida.

II.3. MODELADO CON CORRECTORES.

Llegados a este punto, ahora vamos a conocer el método de modelado llamado "*modelado con correctores*", que es el que predomina en el modelado del valle de México Tenochtitlan, y es el que se considera el más importante en el presente trabajo. Este método utiliza los correctores Bézier para crear objetos. El modelado con correctores es más potente que el modelado de mallas para crear superficies curvas, pero no tanto como el modelado de NURBS. *Esta parte presenta los métodos y las técnicas necesarias para modelar con correctores y que se interpretan que son las mismas que se emplearon para la construcción del modelo de la "Ciudad México Tenochtitlan", modelo que se caracteriza por ser gratuito en 3D studio MAX.* Los modelos creados para otras escenas fueron fabricados con ayuda de tutoriales y Plug-ins y siguen las mismas técnicas de modelado.

En concreto son los siguientes temas:

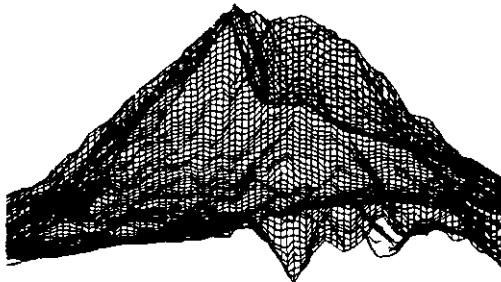
- El modelado con correctores.
- El corrector editable.



Modelo del templo negro y casa de los guerreros jaguar, ambos se encuentran al costado derecho del Templo Mayor.

II.3.1. Correctores.

Los correctores se usan para modelar las superficies de naturaleza curvilínea, como los vegetales, montañas y una amplia variedad de objetos. Los correctores se adaptan a esta tarea, porque están basados en las splines Bézier y, cuando se ajustan, dan como resultado curvas suaves en lugar de líneas rectas como ocurre con el modelado de mallas.

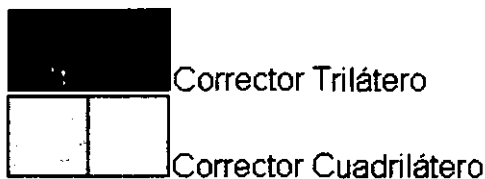


Modelo del volcán Popocatepetl creado con correctores.

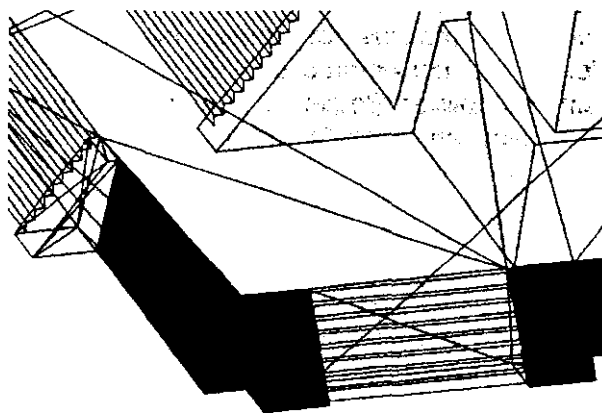
El modelado con correctores utiliza superficies que se controlan y deforman mediante el uso de vértices (a menudo llamados *puntos de control*).

Cuando ajustamos una superficie correctora moviendo un punto de control, se deforma como una curva Bézier. En otras palabras, las deformaciones son suaves, no angulares como cuando ajustamos un vértice en una malla. Como una tangente de Bézier en una spline, los puntos de control de una superficie correctora también tienen controles de tangente que pueden manipularse para dar un aspecto diferente a la curvatura de la superficie

3D studio MAX (Programa de modelado 3D) cuenta con dos tipos de correctores: los cuadriláteros y los triláteros, ambos son usados dentro del modelo del Valle de México Tenochtitlan (Fundación y recorrido).



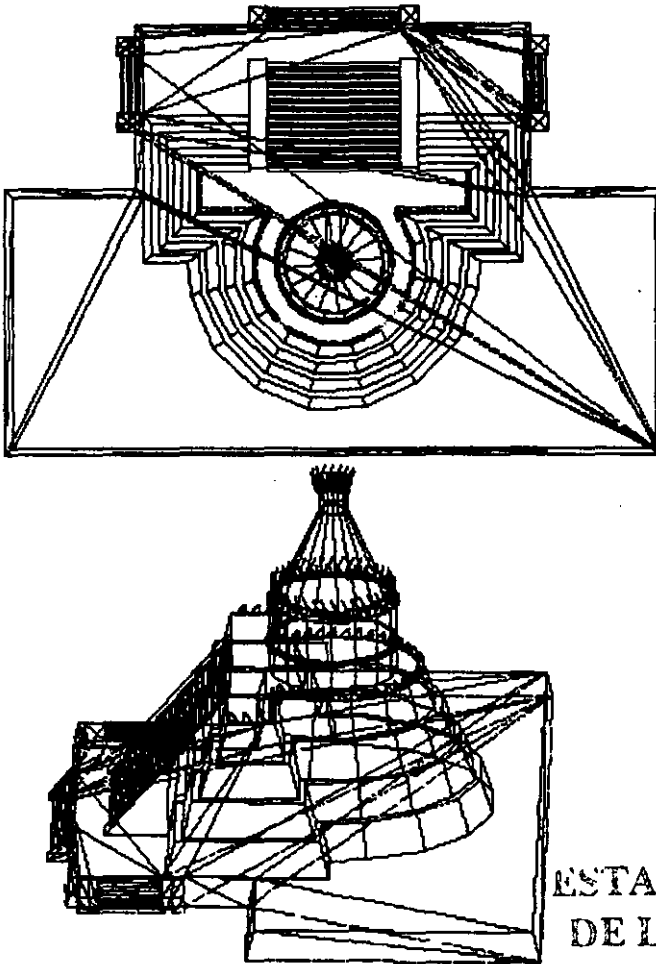
Tipos de correctores.



*Modelado con correctores del Templo de Quetzalcoatl,
(México Tenochtitlan).*

La diferencia básica entre ellos es la geometría subyacente el uso de cuadrados y el de triángulos. Los correctores cuadriláteros se usan

más, porque generalmente se deforman más suavemente que los correctores triláteros.



ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

En estas perspectivas se puede ver la combinación de correctores cuadriláteros y triláteros del Templo de Quetzalcoatl.

Conversión de objetos en correctores.

Los correctores básicos se pueden crear como cuadriláteros y triláteros, pero manejarlos es un poco tedioso y limitado. Por ejemplo, modelar una montaña a partir de un corrector cuadrilátero supondría mucho trabajo de edición. Afortunadamente, la mayoría de los objetos se

pueden convertir en correctores editables a voluntad. Todas las primitivas y primitivas extendidas se pueden convertir en superficies correctoras, y viceversa.

La mayoría de las veces, la conversión en correctores es buena idea, pero no siempre se querrán convertir las primitivas en correctores.

Creación de correctores a partir de objetos solevados.

La solevación es una herramienta para obtener una superficie correctora en lugar de una superficie de malla.

Debe aclararse que no todos los posibles resultados del objeto compuesto solevado pueden crearse como un objeto corrector. Por ejemplo, la mayoría de los objetos solevados que usan una deformación por ajuste probablemente no se convertirán en un corrector. En estos casos, tendrá que utilizar como salida una malla en su lugar.



Modelo del mapa de México después de ser solevado.

Una vez creada la superficie correctora, o convertido un objeto en una superficie correctora, se comienza el proceso de edición de dicha superficie. El modelado con correctores es un sistema de empujar-estirar, en el que se empuja o se tira de los puntos de control de la superficie para crear el objeto deseado.

II.3.2. Corrector editable.

Al igual que las splines y las primitivas, se pueden convertir los correctores cuadriláteros y triláteros en un corrector editable y editar los

subobjetos de la superficie correctora. Cualquier objeto convertido en superficie correctora se crea como corrector editable.

El corrector editable permite trabajar con correctores en tres niveles diferentes:

- Vértices.
- Aristas.
- Subobjetos de corrector.

Vértices.

El nivel más básico de edición de correctores es el de vértice. El aspecto más importante de la edición de vértices es la posibilidad de seleccionar un vértice y transformarlo. Así es como se empuja o se tira de la superficie para crear la forma deseada. Al igual que con las splines Bézier, cuando seleccionamos un vértice aparecen una o más asas para controlar las tangentes de superficie al entrar o salir del vértice. Las tangentes de vértice, como las de las splines Bézier, funcionan completamente en 3D.

Aparte de estas características básicas, la única otra función de la edición de vértices es la de soldar, la cual toma importancia cuando se asocian otros objetos a la superficie en la que se está trabajando. Sus vértices no se soldarán aunque estén superpuestos, y hay que soldarlos manualmente.

Aristas.

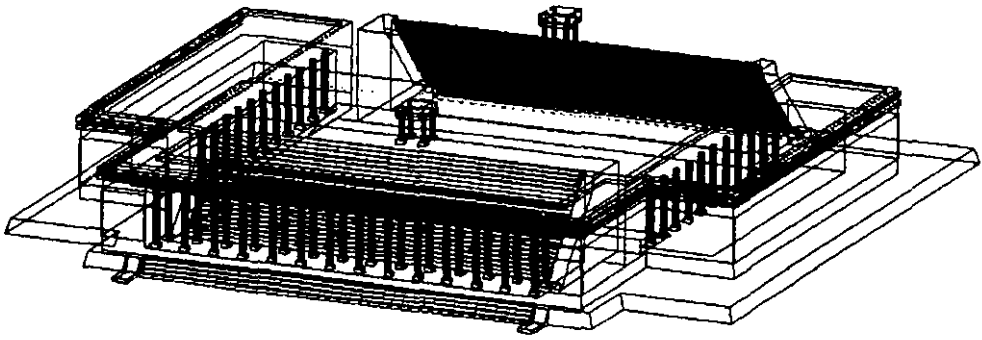
El siguiente nivel en el que se puede editar un corrector es el nivel de arista. Como los vértices, el uso más común de este nivel de edición es el de añadir más correctores cuadriláteros y triláteros a la superficie.

Al añadir superficies correctoras a las originales, los vértices superpuestos se unen automáticamente. Así podemos empezar a transformarlos inmediatamente, sin tener que hacer ninguna labor de edición adicional.

Subobjetos de corrector.

El último nivel de edición de correctores es el nivel de corrector. Cuando se añaden correctores o asocian objetos, se tienen varios subcorrectores dentro de la superficie correctora global. El nivel de subobjeto permite trabajar con dichos subcorrectores. Se pueden seleccionar correctores individuales y disociarlos de la superficie, o borrarlos.

Capítulo III



Texturas y **M**ateriales.

III.1. LOS MATERIALES.

Un material es un conjunto de atributos signados a la superficie de un objeto. Cuando se representan los objetos, el programa 3D interpreta estos atributos para generar los colores apropiados, basándose en la iluminación y la posición de la cámara. 3D studio MAX es el programa que se utilizó para implementar los modelos de iluminación a los modelos de México Tenochtitlan y se suministra con varios materiales que disponen de muchos parámetros, que se pueden controlar para crear casi cualquier clase de superficie para una escena.

III.1.1. Tipos de materiales.

3D studio MAX cuenta con 10 tipos de materiales: Estándar, Mezcla, Compuesto, 2 Lados, Mate/Sombra, Morfista, Multi/Subobjeto, Raytrace, Shellac y Superior/Inferior. A continuación se describen brevemente:

- *Estándar.* Es el material más común. El 85% o más de los materiales que se crearon hicieron uso de este tipo de material. Casi todos los parámetros de este material están disponibles también en el resto de los materiales.
- *Mezcla.* En él se realiza la mezcla dos materiales distintos (ya sean materiales estándar o de otro o tipo), ajustando la contribución de cada uno como porcentaje relativo. Una fuerza de 50 proporciona a cada material el mismo peso en el proceso de mezcla.
- *Compuesto.* Es muy parecido al material mezcla, con algunas excepciones. Un material compuesto puede combinar más de dos materiales sumando los colores, sustrayéndolos o multiplicándolos.
- *2 Lados.* Se utiliza cuando se representa un modelo con la opción de 2 lados. En este caso se representan los dos lados de una cara del objeto, independientemente de la dirección de la normal a la cara. Esta opción permite aplicar un material a ambos lados de la cara. Normalmente, en la representación de dos lados, el material del lado de la normal de la cara se repite para el lado opuesto.
- *Mate/Sombra.* Es un tipo de material especial que solo se usa en determinadas circunstancias. Al asignar este tipo de material a un objeto, lo hace invisible en la escena. Permite que las imágenes o el color del fondo se vean a través del objeto y este pueda recibir sombras. Por esto, es muy adecuado para trabajos de

composición, cuando se añaden objetos sobre una imagen digitalizada o una animación. Con él se pueden crear objetos para enmascarar la animación.

- **Morfista.** Esta opción se emplea para generar morfismos de un material a otro en la escena, de la misma forma que se puede realizar el morfismo entre objetos.
- **Multi/Subobjeto.** Es uno de los materiales alternativos más populares; permite asignar varios materiales a un mismo objeto. Los materiales de tipo Multi/Subobjeto se utilizan cuando se quieren guardar objetos complejos como un solo objeto, pero con materiales diferentes aplicados a sus distintas partes, *este material fue utilizado en todos los objetos que componen el modelo ciudad de México Tenochtitlan.*

El material Multi/Subobjeto se compone de submateriales, que pueden ser de cualquier tipo, de forma predeterminada consta de 10 submateriales, que van numerados del 1 al 10 a los que se les puede dar un nombre.

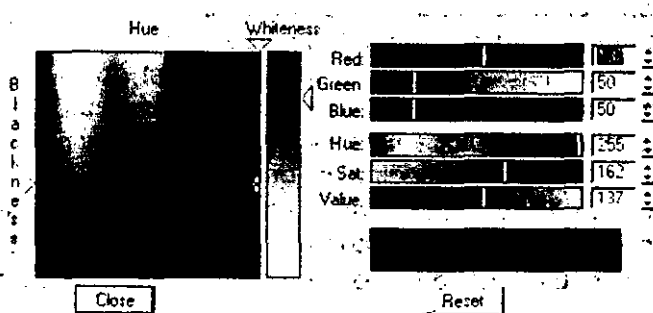
- **Raytrace.** Este material es uno de los más complejos, está diseñado para ofrecer capacidades reales de trazado de rayos, independientemente para cada objeto. El trazado de rayos se usa para crear en la escena efectos como la reflexión y la refracción. El problema es que se trata de un proceso muy lento. En lugar de aplicarlo a toda la escena, se puede asignar el material raytrace a objetos individuales, con lo que se ahorra tiempo. Este material también tiene características especiales que permiten conseguir efectos como la luz negra o la luz fluorescente.
- **Shellac.** Es un material que permite dotar a los objetos de un aspecto lacado.
- **Superior/Inferior.** Permite aplicar dos materiales al mismo objeto, colocándolos según el porcentaje de distancia a la parte superior e inferior. Un material Superior/Inferior consta de dos materiales, el superior y el inferior, que pueden ser intercambiados. Al igual que el resto de materiales que consta de submateriales.

III.1.2. Los colores.

3D studio MAX interpreta el color de la misma manera que la computadora, utilizando el modelo de color RGB: red (Rojo), green (Verde), blue (Azul). El modelo RGB funciona combinando distintos

valores de saturación de rojo, verde y azul para crear una matriz de colores, a veces llamada también canales de color. El número de matices distintos en cada canal determina con cuantos colores posibles podemos contar. Por ejemplo, si tenemos tres canales de color de 8 bits, disponemos de 256 sombras de rojo, verde o azul, lo que da un total de 16,7 millones de colores posibles. Esto se calcula multiplicando $2^8 \times 2^8 \times 2^8$. A menudo estos 16,7 millones de colores se denominan espacio de color de 24 bits (3 canales x 8 bits).

En realidad, 3D studio Max representa imágenes en un espacio de color de 48 bits y reduce el número de colores de salida a 24 bits en la mayoría de los casos. A veces se pueden usar más colores, dependiendo de la configuración hardware y software. La mayoría de los trabajos en video se realizan con color de 24 bits; en cine, casi siempre se usan 24 bits de color y a veces 48 bits.



Selector de colores para materiales.

Todos los colores son tratados como RGB, pero se dispone de tres métodos para elegir los colores: *rojo, verde y azul (RGB)*; *tono, saturación y valor (HSV)* y *blancura y negrura*.

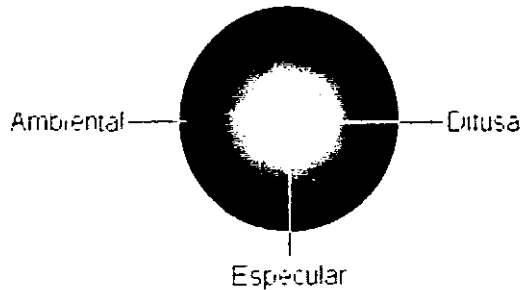
En HSV se hace de manera ligeramente distinta. HSV significa tono (Hue), saturación (Saturation) y valor (Value). El tono determina el color general, que luego se puede refinar ajustando los parámetros de saturación y valor.

El último y más intuitivo método de seleccionar colores es la utilización de los reguladores negrura, tono y blancura.

III.1.3. Colores de material.

Un material básico posee una apariencia plástica y plana, parecida a la de la pintura sobre una superficie lisa. Los colores sobre esta superficie se definen de tres formas: *ambiental, difusa y especular*.

Fuentes de Color



Apariencia del objeto, determinado por tres fuentes de color y valor diferentes.

- **Color ambiental.** El tono que refleja un objeto si no está iluminado directamente por una fuente de luz (su color en la sombra). Pocas veces es el negro, porque la luz ambiental de la escena suele proporcionar al menos algo de iluminación sobre toda la superficie. Generalmente, el color ambiental es un matiz muy oscuro del color difuso, pero se puede elegir el color que se quiera.
- **Color difuso.** El tono asignado al objeto. Es el color que se refleja cuando se ilumina el objeto con una fuente de luz directa.
- **Color especular.** El tono de los realces que aparecen sobre el objeto.

III.1.4. Modelos de sombreado.

Podemos representar objetos en diferentes niveles utilizando modelos de sombreado diferentes. *Un modelo de sombreado es la manera en que el mecanismo de representación del programa 3D interpreta los colores y realces asignados al material.* Es el diseñador quien determina el modo de sombreado del material. 3D studio MAX ofrece nueve modelos de sombreado (más el de trazado de rayos, que hace el número diez), además de un modo alámbrico que representa el objeto como una estructura de alambre, utilizando el modelo de sombreado seleccionado.

A continuación se enumeran los modelos y se proporciona una breve descripción:



Anisotropía



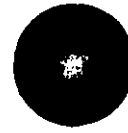
Blinn



Metal



Multicapa



Oren-Nayar-Blinn



Phong



Strauss



Blinn/Alambre



Blinn/Constante



Raytrace

Diversos modos de sombreado.

- **Alambre:** Es el modo de representación mas básico y rápido. Es muy similar a la representación alámbrica que se muestra en un visor. Cualquier material se puede convertir en una malla alámbrica.
- **Constante:** También llamado modo sombreado plano. 3D studio MAX calcula el color y el valor de la cara de cada polígono en función de la normal en el centro de la cara. La imagen resultante es una colección de superficies poligonales muy nítidas, cada una con un color uniforme. Es un modo rápido de representar una escena y se usa a menudo para pruebas de animación. Se puede utilizar con cualquier material.
- **Phong:** En este modo, calcula el color en cada vértice de la cara y luego interpola el resultado sobre toda la cara del polígono. El efecto es una superficie suavemente matizada, mucho más realista que una superficie con sombreado constante. Además, se añaden *realces especulares* (los reflejos que causa la luz cuando incide en objetos brillantes) para dar un mayor realismo.
- **Blinn:** Parecido al modo Phong, pero produce un realce más sutil, que tiende a parecer un poco más realista.
- **Metal:** Dota al material de colores ricos y profundos y de mejores realces, con lo que aquél adquiere una apariencia metálica.
- **Oren-Nayar-Blinn:** Muy parecido al modo Blinn; la diferencia se encuentra en los realces. Oren-Nayar tiene un realce muy sutil, por lo que es el sombreado ideal para telas y otras superficies no reflectantes.

- **Anisotrópico:** Se produce cuando hay un realce brillante sobre una superficie curva. En la vida real, este realce tiende a extenderse en una dirección u otra. Este modo de sombreado permite crear efectos anisotrópicos básicos en el contexto de un modo de representación tipo Blinn o Phong.
- **Strauss:** Este sombreador se usa para crear mejores efectos metálicos y, en general, es mejor que el sombreador metálico antiguo.
- **Multicapa:** Este es el último sombreador anisotrópico. Se le llama multicapa porque permite superponer realces especulares uno sobre otro. Si los realces son diferentes, se puede crear un efecto anisotrópico.
- **Raytrace:** Con el método Raytrace (Trazado de rayos), el color y valor de cada pixel en la pantalla se calcula trazando un rayo imaginario hacia atrás desde la perspectiva del observador hacia el modelo, para determinar qué factores de luz y superficie le afectan. La diferencia entre el método Raytrace y los otros métodos mencionados (Denominados colectivamente técnicas de representación por línea de exploración) es que el rayo puede rebotar en las superficies y refractarse igual que la luz real, lo que produce sombras excelentes, reflejos y efectos de refracción. 3D studio MAX, realmente, aplica el trazado de rayos como un material, en vez de con un modo de representación distinto. Esto nos permite aplicar selectivamente el efecto a los materiales de la escena que elijamos, aumentando así la velocidad.

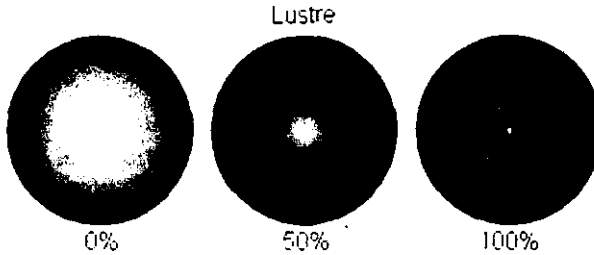
Mediante la correcta elección del nivel de representación de cada material, podemos mezclar y combinar diferentes métodos de representación en la misma escena. Esto nos aporta la máxima flexibilidad en el control de los materiales y en la producción de escenas realistas.

III.1.5. Propiedades de los materiales.

Una vez determinado el modo de representación, hay que configurar las propiedades del material para definir su apariencia. Entre las propiedades del material (A veces llamadas atributos de superficie) se encuentra el color, pero a menudo se añaden otros atributos, como el lustre y la reflexión.

III.1.6. El lustre y el nivel especular.

El lustre actúa junto con el nivel especular (A veces llamado especularidad) para proporcionar al observador información sobre la capacidad de reflexión y características del material, así que es importante prestar atención a cómo los dos atributos afectan a la apariencia de un material.

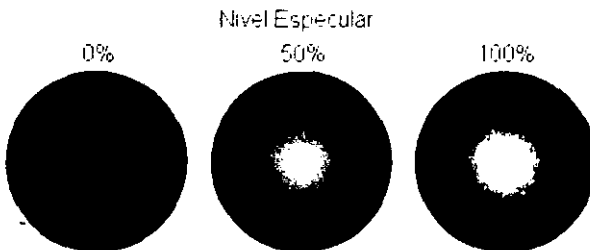


El lustre mide la capacidad de reflexión de un objeto.

El nivel especular ajusta la intensidad del realce del objeto, si lo tiene. Ajustando el lustre y el nivel especular, se pueden crear una gran variedad de materiales, del brillante al mate.

III.1.7. Anisotropía.

La anisotropía es lo que ocurre con el realce especular de un objeto como cuando la luz incide en el objeto formando un ángulo. Los realces anisotrópicos son más visibles cuando se ven a través del objeto de una cámara y aparecen como realces extendiéndose en horizontal o en vertical.



El nivel especular determina el realce de un material.

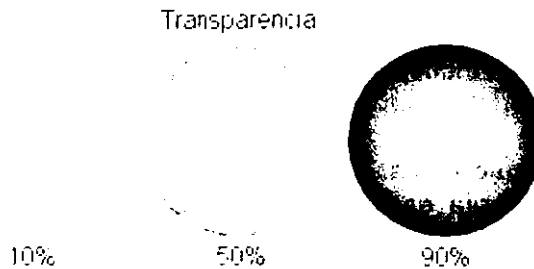
III.1.8. Opacidad.

La opacidad es un atributo del material que controla la cantidad de luz que puede pasar a través de un objeto. Si se fija en un 0%, el objeto es virtualmente invisible; en un 100%, el objeto es opaco. Los valores intermedios hacen al objeto más o menos traslúcido.

Además de determinar la opacidad general del material, se puede controlar exactamente como se va a interpretar la opacidad, mediante otros parámetros avanzados del material.

III.1.9. Autoiluminación.

La autoiluminación determina la cantidad de iluminación que parece recibir el objeto desde dentro. Cuando el porcentaje de autoiluminación aumenta, los efectos de las lentes de iluminación ambiental y difusa se atenúan, hasta que el objeto parece de color homogéneo. La autoiluminación, sin embargo, no afecta a los realces especulares.



La opacidad controla el porcentaje del fondo que se ve a través de un objeto.

La autoiluminación se utiliza en muchas situaciones, sobre todo cuando hay una fuente de iluminación brillante, como los faros de un coche.

La autoiluminación da un aspecto más brillante y realista a las luces.

III.2. MATERIALES MAPEADOS (MAPAS DE TEXTURA).

Además de las propiedades básicas, los materiales cuentan con propiedades de mapeado. Los materiales mapeados, a veces llamados mapas de textura, utilizan o bien mapas de bits, o bien mapas procedimentales (Definidos matemáticamente) en lugar de algunos atributos del material, como el color difuso. Por ejemplo, para crear un

material de madera, se puede sustituir el color difuso por una imagen de un trozo de madera auténtico. Luego se puede ajustar el brillo y el resto de los parámetros, para que la madera tenga una apariencia más real.



Texturas aplicadas al modelo de árbol huejote para darle una apariencia mucho más realista.

A continuación se enumeran los mapas para los materiales y se describen brevemente:

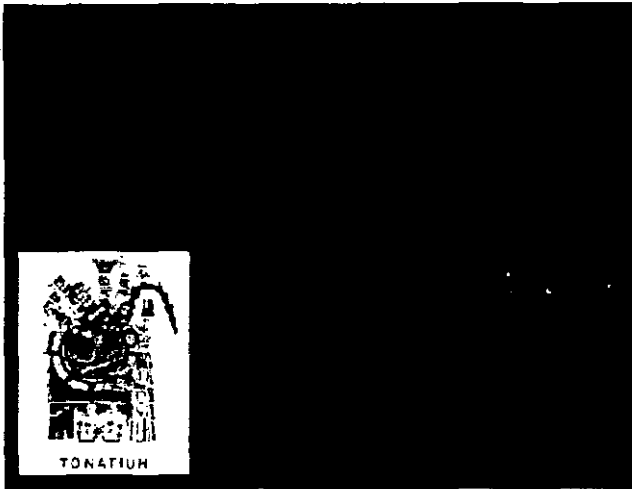
- *Color ambiental:* Sustituye el color ambiental de un material por un mapa. Se usa pocas veces.
- *Color difuso:* Sustituye el color general de un material por un mapa; es el más usado. Los materiales generados de esta forma asignan coordenadas de mapeado a los propios objetos, para situar correctamente el mapa sobre la superficie de los mismos.
- *Color especular:* El realce especular de un objeto puede distorsionarse con un mapa para obtener la apariencia de una superficie menos suave, pero aun así brillante. En este caso, la

intensidad de los colores del mapa determina dónde aparece el realce y dónde no.

Es útil para crear materiales que tengan un aspecto menos de plástico y más realista.

- **Lustre:** Es parecido al realce especular, pero afecta a la forma del realce en vez de sólo a los colores.
- **Nivel especular:** Permite el uso de un mapa para variar el nivel especular.
- **Autoiluminación:** Permite el uso de un mapa para controlar dónde está un objeto autoiluminado y dónde no.
- **Opacidad:** Permite usar un mapa para controlar donde un objeto es opaco y donde no.
- **Color de filtro:** Permite ajustar los colores de un objeto utilizando un mapa. Sólo suele usarse con objetos transparentes, a través de los cuales se puede ver el fondo. El color de filtro se usa para teñir los colores de transparencia.
- **Relieve:** Permite dotar a un objeto de una apariencia 3D utilizando un mapa. Es el segundo mapa más utilizado y se usa para dar a una superficie la apariencia de geometría 3D, sin necesidad de crear la geometría.
- **Reflexión:** La capacidad de un material para reflejar lo que está a su alrededor. Normalmente, vemos este efecto sobre superficies muy pulidas y enceradas como coches nuevos, copas de plata, o incluso el agua. La reflexión es implementada como un mapa procedimental que puede ser generado por entorno o mediante trazado de rayos.
- **Refracción:** La refracción es la curvatura de la luz cuando pasa a través de un objeto como el agua o el cristal. Se puede manipular como mapa o como mapa procedimental y puede aplicársele trazado de rayos.
- **Desplazamiento:** Este canal se utiliza en los materiales aplicados a objetos NURBS para desplazarlos únicamente. Al contrario que el mapa de relieve, este tipo de mapa genera realmente la geometría NURBS en tiempo de representación.

Dado que los mapas de textura utilizan imágenes de mapa de bits, como *gif*, *targa*, *tif* o *jpeg*, necesitan coordenadas de mapeado. Las coordenadas de mapeado son sencillamente un modo de decir como y donde se tiene que aplicar el mapa de bits en la superficie del objeto.



Textura aplicada al fondo y utilizada en el final de la animación.

Los mapas de textura también utilizan materiales procedimentales, es decir, materiales definidos por fórmulas matemáticas en vez de por imágenes digitalizadas o colores.

Una vez creadas y aplicadas las luces, cámaras y materiales a la escena, ésta debe ser representada. La representación (Rendering) es simplemente el proceso por el cual 3D studio MAX, o cualquier otro programa 3D toma los datos sobre geometría, luces, materiales y cámaras y genera una imagen. El proceso de representación puede durar desde unos segundos hasta minutos e incluso horas, dependiendo de numerosos factores.

III.3. DISEÑO DE MATERIALES PARA LOS ESCENARIOS NATURALES.

La naturaleza nunca pone las cosas fáciles sobre todo cuando se trata de emular materiales del mundo exterior. El azar presente en la naturaleza y la física de la luz y la atmósfera naturales son más complejos, en términos matemáticos, de lo que las computadoras personales y estaciones de trabajo pueden manejar en la actualidad.

Una de las cosas que facilita la creación de materiales de la naturaleza es acostumbrarse a observar lo que nos rodea con una mirada crítica. Un factor importante para crear escenas en un programa 3D es no dejar a los materiales solos, ya que la iluminación de la escena puede hacer realzar los materiales o destruirlos.

Las luces bajas e inclinadas favorecen a los mapas de relieve; las luces coloreadas pueden realzar el efecto del material o estropearlo. La iluminación y las reflexiones alteran radicalmente el aspecto del agua.

Los árboles y la vegetación requieren modelos complejos, así como materiales complejos, para resultar eficaces. La manera en que las plantas proyectan las sombras también influye en el realismo de la escena. Podría parecer que lo más eficaz para crear los árboles es utilizar mapas, pero la representación de objetos superpuestos con un mapeado de opacidad, junto con sombras de trazados de rayos complejas, pueden hacer que los árboles creados con mallas 3D sean más eficaces.



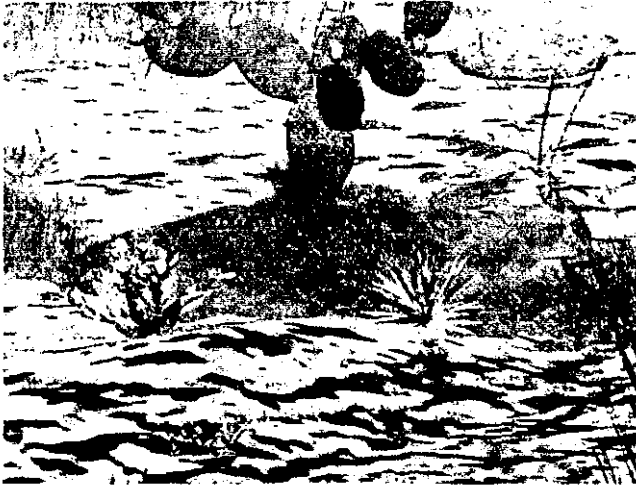
Escena del modelo fundación de Tenochtitlan, donde se aprecia como se aplicaron los materiales y texturas.

El empleo del material *2 lados* funciona bien para la vegetación. Los materiales *2 lados* hacen caso omiso de los normales de las caras, colocando un material en el lado anterior y otro en el lado posterior. Así reduce la geometría, porque podemos solevar formas 2D abiertas a lo largo de recorridos para crear hojas sencillas.

III.3.1. Texturas y materiales de los islotes.

Tomando como base las películas de Hormigas, Toy Story 1 y 2, además de Bichos, se estudiaron los mapeados de la hierba y la tierra utilizados en ellas. Empleando muchos de estos detalles se pudieron crear simulaciones de suelo, desde los pequeños islotes hasta el volcán Popocatepetl. Para aumentar el realismo y la profundidad, se añadieron

objetos de la naturaleza (como rocas, hierba y plantas 3D) a las superficies con texturas en las escenas de la fundación de Tenochtitlan.



Islote con hierbas y plantas solevadas creadas con materiales 2 lados que le dan un aspecto más real.

Al igual que en el mundo real la mejor forma de crear digitalmente un paisaje es comenzando por el suelo; construyendo un material sencillo que sirva como base para muchos tipos de suelos distintos.

III.3.2. Creación de materiales para las flores y la hierba.

La complejidad de la escena aumenta si utilizamos un material mezcla en lugar de un material estándar. El material mezcla se compone de dos materiales estándar (O de cualquier otro tipo) completamente independientes. Este material también genera una capa extra de mapas de ruido, y cada material tiene su propio patrón de relieve.

En la creación de flores silvestres se utilizó este tipo de material para dar una apariencia más atractiva a las flores, y se trató como regla general para los materiales de la naturaleza mantener los niveles de saturación de color a un nivel intermedio; ya que los materiales demasiado saturados tienden a parecer artificiales.



En esta flor se utilizó el material 2 lados, ya que no implicaba complejidad alguna.

Los materiales de la naturaleza en especial las flores, la hierba y las hojas de los árboles suelen estar velados por una capa de polvo.



Este modelo está tapizado por materiales tipo estándar ya que es un modelo compuesto por subobjetos.

Las áreas de hierba aparecen como protuberancias cortas y muy juntas, mientras que las áreas con flores aparecen repartidas de manera más desigual.



El modelo de este tipo de flor silvestre es mucho más complejo por lo cual se aplicaron los materiales 2 lados y mezcla.



En el modelo de hierba es fácil perder el control de la densidad de la malla y sobrecargar el sistema por causa de un nivel de detalle innecesario.

III.3.3. Materiales y texturas para el cielo.

Existen varios problemas para la creación de materiales para el cielo pero el principal problema con el cielo en las escenas generadas por computadora no radica en la imagen que se utiliza, sino que la perspectiva del cielo no concuerda con la de la escena, la mayoría de las imágenes de nubes deben de fotografiarse con la cámara apuntando 20 o 30 grados por encima del horizonte. Sin embargo el ángulo más corriente

para escenas exteriores suele ser desde una posición elevada, mirando el horizonte hacia abajo; por lo cual no concuerdan. Las nubes por lo regular se fotografían con un objetivo de 50 mm en una cámara de 35 mm. Esto abarca unos 45 grados, horizontalmente, y la imagen de la computadora está diseñada para cubrir 135 grados más, por lo que el mapa se estira y pierde realismo.

Para lograr las escenas cuya visión abarca más de 60 grados, se buscaron imágenes panorámicas de nubes, disponibles en muchos programas de dibujo y algunas fueron creadas y modificadas.

El crear una escena que tenga como fondo el cielo es fácil, lo que complica esto es generar la animación de la escena y que las tomas siguientes concuerden con los modelos.

Para que los materiales del cielo aparecieran correctamente en la escena se tuvieron que converger las nubes en el horizonte. *El objetivo en las escenas de fundación y recorrido por Tenochtitlan era crear un amanecer parcialmente nublado, con la mitad del cielo cubierto por nubes.*

Se aplicaron tres métodos muy populares en la animación 3D para crear materiales de cielos.

Mapeado de nubes: Este método se empleó en la escena del eclipse en la cual se utilizó una imagen de mapa de bits de nubes. Se creó el material a partir de la imagen y luego se cambió de tamaño (Para que encajara con la vista correspondiente a la cámara de la escena), mejorando así el efecto de convergencia cerca del horizonte.

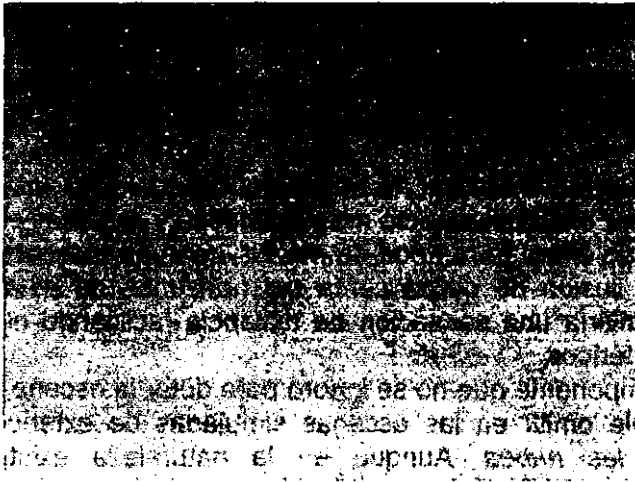


Aplicación del modelo mapeado con nubes en la escena del eclipse.

Mapeado de rampa con degradado: El cielo creado con el método anterior no nos permite mover demasiado la cámara, ya que podemos encontrar el final del mapa y estropear el efecto. Este método no era idóneo para las escenas posteriores por lo cual se decidió utilizar el método de mapeado de rampa con degradado para crear una imagen de cielo que me permitiera rotar la vista 360 grados.

Empleando el mapa de rampa con degradado para la creación de escenas con cielo, puede evocar un ambiente determinado, un cielo cubierto por bruma.

Se experimentó con las posiciones de rampa y los colores, además se ajustaron los parámetros de ruido y se lograron crear una gran variedad de cielos convincentes.



Cielo con mapa de degradado.

Empleo del material mezcla con máscara: La generación de materiales para la creación de cielos es aplicada en forma sucesiva para ir aumentando el realismo de las escenas, por eso se tuvo la necesidad de ir mezclando los dos materiales anteriores y añadirles una máscara para revelar las áreas de degradados a través de las áreas de la imagen de nubes.



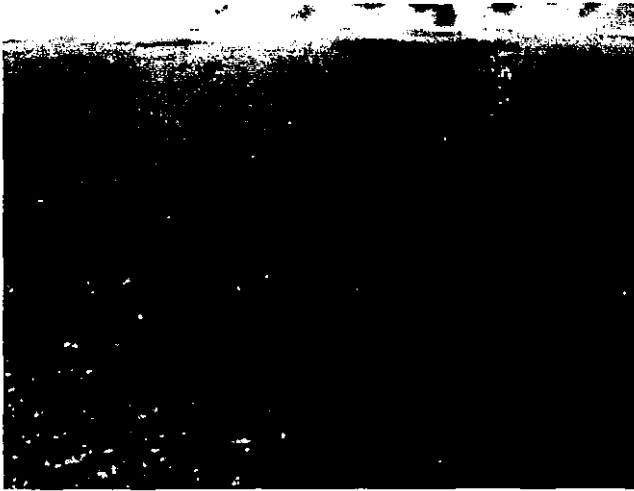
Cielo creado con el material mezcla con una máscara donde se pueden apreciar nubes en el horizonte.

Así se pudo modificar el ambiente de cualquier imagen de las nubes y obtener cielo de aspecto más dramático y rectificar el tono de un cielo demasiado claro. El método de mezcla con una máscara se empleó para crear la ilusión de calina cerca del horizonte, de esta manera la escena transmitiría una sensación de distancia facilitando el empleo de efectos atmosféricos.

Un componente que no se ignoró para dotar la escena de realismo y que se suele omitir en las escenas simuladas de exteriores son las *sombras en las nubes*. Aunque en la naturaleza existen, en las animaciones generadas por computadora casi nunca aparecen. Las sombras en las nubes también añaden profundidad a la escena.

III.3.4. Creación de materiales para el lago (Agua estancada).

La creación del lago destaca entre los demás materiales de la naturaleza gracias a sus resaltes especulares y reflectividad del agua. De acuerdo a los escritos y testimonios que se obtuvieron para describir como era el islote y el lago en la fundación de Tenochtitlan se pudo notar que la creación de materiales para el agua de estanque era bastante sencilla.



Representación del agua utilizada en la creación del lago de Tenochtitlan.

El objetivo era crear el agua de un estanque en un día con poca brisa, unos pequeños rizos podrían crear un gran efecto. La malla del agua es un *plano con alta segmentación* al cual se le aplicó un modificador de volumen que cuenta con la opción de *mapa de texturas*, un mapa de ruido y un modificador de onda nos dieron como resultado un patrón de rizos irregulares que daban mucho realismo a la escena.

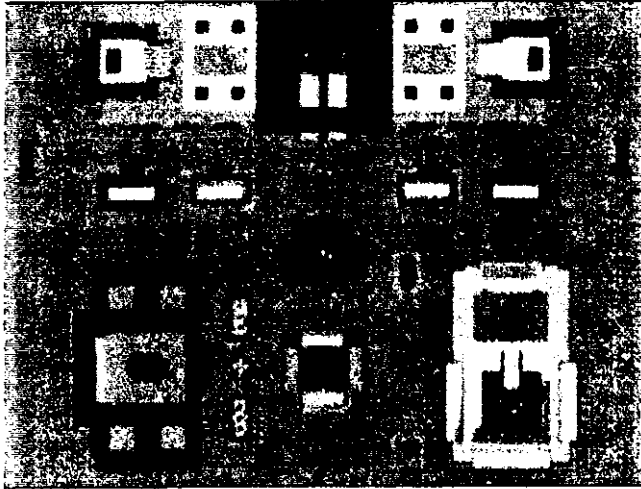
III.3.4. Creación de materiales para la ciudad de Tenochtitlan.

Para crear las escenas de toda la animación se utilizaron un total de 783 mapas de texturas, la mayoría en las escenas de la ciudad de Tenochtitlan. Crear un material para cada pared o superficie de los edificios era una tarea descomunal, por lo cual nos facilitaba la tarea el material Multi/Subobjeto.

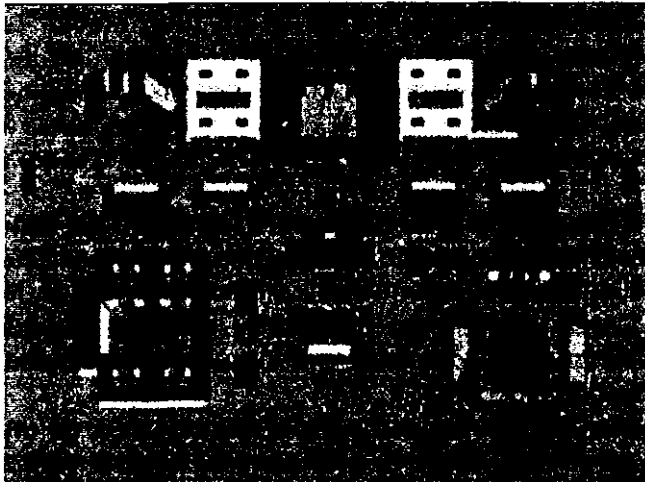
El material Multi/Subobjeto permite asignar más de un material al mismo objeto, en el nivel de cara; esto permitía asignar varios materiales a cualquier edificio de la ciudad u ofrenda.

Los materiales Multi/Subobjeto son por lo tanto materiales muy personalizables y a menudo son exclusivos de cada objeto concreto.

Estos materiales comienzan con un número determinado de diez materiales y pueden tener cualquier otro número que les queramos asignar. El número asignado a algunos de los edificios de la ciudad no excedió a seis materiales.



Vista de planta de la ciudad de Tenochtitlan, donde se pueden apreciar algunas de las texturas aplicadas a los edificios.



El material Multi/Subobjeto se aplicó a diferentes secciones de caras de los edificios.

III.4. DISEÑO DE MATERIALES PARA EFECTOS ESPECIALES.

Los materiales de *ficción* y para *efectos especiales* son los más complejos de crear, por la sencilla razón que exige que exploremos nuestra creatividad al máximo. Se necesita constantemente de materiales

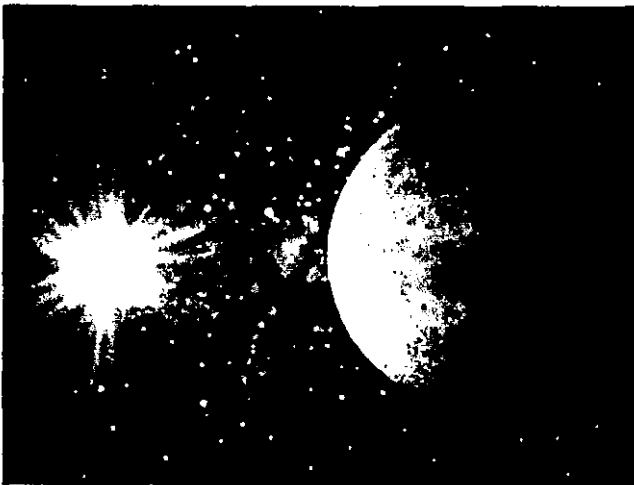
que resulten creativos y a la vez que sean frescos. Para lograr que las geometrías fueran cubiertas con materiales que les dieran mucho más realismo se exploraron las técnicas de creación de materiales de ficción y para efectos especiales a través de diversos elementos clave:

- Construcción de escenas espaciales.
- Simulación del mundo real.
- Sistemas de partículas.
- El uso de espejos y cristales.
- Entornos y fondos.

Estos solo son algunos de los puntos que se tomaron en cuenta para poder crear materiales ficticios y para efectos especiales.

III.4.1. Materiales de ficción (Eclipse).

Un material de ficción puede ser cualquier cosa que sea capaz de imaginarse; incluso puede basarse en algo que exista en el mundo real. El mundo real está repleto de buenas ideas para la creación de materiales de ficción.



Toma espacial de la Luna sobreponiéndose al Sol.

Observando el mundo real, se puede comprobar que existen un número infinito de ideas para la construcción de materiales. La clave está

en conocer las herramientas de las que se dispone para poder poner en práctica esas ideas.

En algunos casos, observar el mundo real no es muy efectivo, ya que nada de lo que se ve inspira o sirve como base para crear un material de ficción, por lo cual se tiene que depender de la imaginación.

Por desgracia, no siempre resulta sencillo. Si no hemos estado en el espacio exterior ni tampoco cerca de un volcán en erupción, la experiencia de diseñar el material para alguno de los dos puede resultar un poco desesperante.



Escena donde se pueden ver los materiales usados para crear los efectos en el eclipse, visto en las cercanías del volcán Popocatepetl.

Los *sistemas de partículas* juegan un papel importante en la creación de escenas con efectos especiales, sin el sistema de partículas no se hubiese podido crear las partículas incandescentes que lanza el volcán en la escena del eclipse.

Un sistema de partículas puede enlazarse con más de un efecto especial, y cualquier efecto especial puede enlazarse con más de un sistema de partículas. Cada efecto especial ejerce una acción predecible y controlable.

III.4.2. Materiales para la presentación y créditos.

Los materiales creados para la presentación de la animación y los créditos de la misma parten del principio de la creación de logotipos.

La necesidad de delimitar el contexto de la animación era obvia, por lo cual había que crear una presentación, introducción y un final que fueran llamativos y que no fueran difíciles de elaborar.



Representación de la escena creada para el inicio de la animación.



Entorno creado para delimitar el contexto de la animación, en él se pueden apreciar los de materiales que se aplicaron.

Los materiales de la base cuentan con un alto grado de lustre y sombreador metálico. En la superficie del logotipo, la base y los objetos del suelo, se aplican mapas de reflexión de simetría plana, para crear profundidad y realismo.

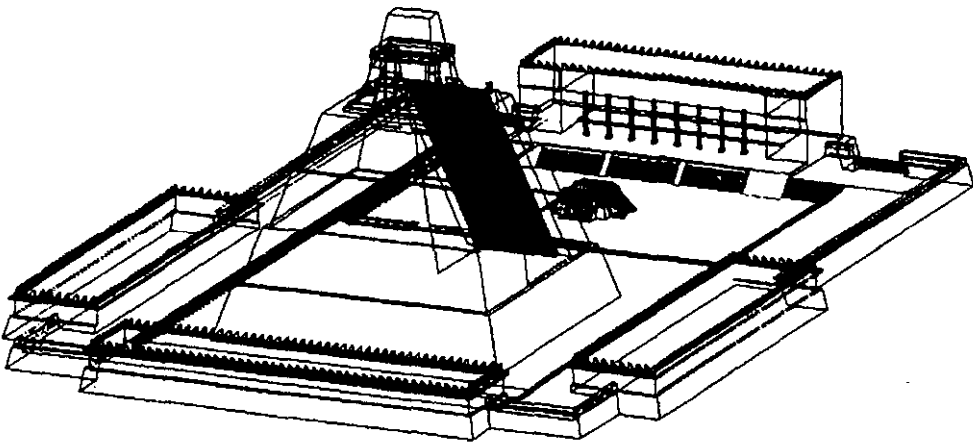
Al mapa de fondo del entorno se le aplicó un tipo de mapa compuesto. Se componen dos mapas de máscara utilizando las imágenes en blanco y negro de un patrón de luz en forma de colmena y de un arco con dibujos que evocan un ambiente místico con resaltes de un dios azteca.



Escena final donde se muestran los créditos de la animación.

De hecho éste modelo sirvió como base para crear las escenas de inicio (Presentación de Tenochtitlan) y fin (Créditos) de la animación, se tomó como fondo una de las escenas que proyectaban la base del modelo anterior y se crearon materiales que resaltarán las letras y figuras.

Capítulo IV



Modelos de Iluminación.

Este capítulo es el más importante ya que describe los elementos principales de iluminación en una escena, presenta una variedad de estrategias de iluminación simple y compleja, y cubre algunas de las técnicas básicas que se utilizaron para controlar y ajustar las luces que iluminaron las escenas de la *animación de Tenochtitlan*.

La iluminación es un componente importante del proceso de rendering dado que puede contribuir significativamente en el tiempo del proceso global necesario al generar una escena, pero principalmente porque revela el mundo tridimensional y series de vistas de la escena.

IV.1. ESTRATEGIAS DE LA ILUMINACIÓN Y VISTAS.

Hay tantas filosofías de iluminación, como disciplinas que requieren iluminación. Los diseñadores de iluminación en cada una de estas disciplinas colaboran iluminando particularmente, a su vez la iluminación es basada en disciplinas que son necesarias. Dentro de cada disciplina hay muchos puntos de vista diferentes. Nosotros podemos aprender muchas técnicas de la iluminación interesantes y los puntos de vista creativos examinando películas específicas, obras, óperas, y musicales. *La próxima vez que usted tenga la oportunidad para asistir a uno de estos eventos, preste atención a los arreglos de la iluminación e intente deducir cómo ellos afectan el ambiente del momento.*

Muchas de las vistas en la creación de escenas por computadora también establecen la opción de arreglo de luces. Iluminar puede ser muy brillante y fresco, suave e íntimo, multicolor y festivo, o matizado y triste. La luz en una escena incluso puede ser pacífica o desigual y alterar. Las sombras creadas con luz pueden ser ásperas y afiladas o suaves y lentas. Muchas de las figuras en este capítulo muestran vistas diferentes que se han logrado principalmente con el uso eficaz de iluminación.

Muchas técnicas que se utilizaron, miden y colocan luces en una escena y se han desarrollado durante los años en forma tradicional por la fotografía y cinematografía. El propósito de estas técnicas es ayudar a que la película se exponga correctamente para que en las filmaciones se capturen escenas de una manera artística y eficaz. Las técnicas tradicionales básicas se han convertido en la corriente principal de *iluminación generada por computadora*. Los principios generales de iluminación para la filmación de acción en vivo, son casi idénticos a aquellos de una animación de computadora, los procesos y sutilezas están a veces separadamente lejanos de la destreza. La habilidad de controlar la abertura de la lente virtual de una cámara, por ejemplo, es una piedra angular de la cinematografía cotidiana y raramente es llevada a cabo en software de animación de computadora. Quizás una razón

detrás de esta situación es el hecho de que en animación por computadora se sintetizan la cámara y las luces desde el principio mientras en una película de acción viva tienen que ser medidas las características de la acción de la película respecto a la vista deseada. Un error pequeño en la medida de iluminación en una situación puede impactar mucho a otros aspectos de la producción de acción viva de distintas maneras, mientras en una animación por computadora existe la oportunidad de interactuar poniendo un poco de iluminación antes del comienzo de la filmación. Una excepción importante a esta situación pasa cuando la acción viva y animación de la computadora se traslapan en la forma de un efecto visual, en este caso los supervisores de efectos toman medidas ligeras en la situación y en la iluminación los directores técnicos hacen su mejor reproducción. La iluminación requiere de las herramientas de la computadora, pero una porción de los elementos en el proceso de simular la luz real con la iluminación generada por computadora todavía incluye mucho ensayo y error. En todo caso, mientras esta situación cambia vale la pena mencionar un par de conceptos de iluminación tradicionales, algunas técnicas relacionadas a medir la intensidad de luz, y una escala para medir grises.

Abertura de Lente f / Stops	
f / 1	f / 11
f / 1.4	f / 16
f / 2	f / 22
f / 2.8	f / 32
f / 4	f / 45
f / 5.6	f / 64
f / 8	f / 90

Esta es la escala de f/Stops usada como medida en la abertura de lente de cámara. f/1 representa la abertura total de la lente y f/90 una pequeña abertura.

El f/stop es una unidad para medir la cantidad de luz a través de la abertura de una lente. En teoría una abertura absoluta de la lente permitiría que toda la luz atravesara para lograr la filmación. La escala común del f/stop esta aproximadamente basada en la raíz cuadrada del numero 2, y representa lo doble de la cantidad adicional de luz que pasa a través de la lente cuando se abre, o la cantidad adicional de luz que no alcanza la película cuando la lente es cerrada. La escala de f/stops representa tradicionalmente la luz que reacciona para la película. Hay un

par de unidades adicionales que son también útiles para medir la intensidad de luz, la *candela* y el *footcandle*. Las *candelas* representan la cantidad de luz emitida por un tipo de luz, y es un desarrollo de la estándar candela, una unidad más vieja se basó en la cantidad de luz creada por una vela. El *footcandle*, y su sistema métrico equivalente es el *metercandle* o *lux*, es la cantidad de luz que cae sobre una superficie (un *footcandle* equivale 10.764 lux.)

Zone System	
Zone 0	3.5 %
Zone I	4.5 %
Zone II	6 %
Zone III	9 %
Zone IV	12.5 %
Zone V	17.5 %
Zone VI	25 %
Zone VII	35 %
Zone VIII	50 %
Zone IX	70 %
Zone X	100 %

El zone system es usado como catalogo de escala de grises que parte de un negro a un absoluto blanco. Zone V representa el nivel medio de reflectancia de objetos.

El *zone system* es una técnica ampliamente usada en fotografía, clasifica y equilibra la cantidad de luz distribuyéndola a lo largo de la escena. En esencia el *zone system*, desarrollado por el fotógrafo Ansel Adams, consiste en un catálogo de niveles grises de una imagen en una escala que va de un negro absoluto que apenas refleja cualquier luz (Zona 0) a un blanco total (Zona X). Los tonos grises de la escala entre las zonas 0 y la zona X están separados a través de un *f/stop*. La zona V está a la derecha de la mitad de la escala, es de importancia particular porque aproximadamente el 18% de reflectancia de luz representa el promedio de reflectancia de los objetos.

IV.2. VISUALIZANDO LUZ.

El diseño de iluminación es eficaz con efectos de visualización de luces en un ambiente específico. Afortunadamente los programas

tridimensionales dan forma y son realmente capaces de simular para nosotros los arreglos de la iluminación específicos. Pero incluso al usar una computadora que tenga un programa para visualizar luz, cualquier diseñador de la iluminación para logre un grado mayor de sofisticación, belleza, y eficacia; probablemente tenga que gastar algún tiempo imaginando visualizar los efectos de las luces planeadas antes de probarlos con el programa.

Una manera fácil de visualizar la iluminación consiste en iniciar con un espacio oscuro, probando un juego de luces y entonces adelante agregar el ambiente e ir encendiendo las mismas en incrementos pequeños, *éste método fue aplicado a las escenas de fundación de Tenochtitlan y recorrido por Tenochtitlan.* Primero se debe cambiar el juego de luces (O cualquiera otra luz secundaria), enfocar la lente sobre su efecto de la iluminación porque mucha de la escena todavía será bastante oscura. Segundo encender la luz del ambiente (O mayor punto de luz), en pequeños incrementos, se puede visualizar la mezcla de luces secundarias con la luz principal, de esta manera a través de que el efecto de iluminación global es retenido transitoriamente se pueden mostrar los acentos ligeros en todo momento. Son necesarios esos acentos normalmente en la forma de juego de luces, o luces de color y todavía pueden moverse hacia arriba o bajarse después de tener definida la luz ambiental, ajustándose a los requisitos de la escena.

El plan de la iluminación también puede ser visualizado empezando con un espacio que ya esté iluminado con luz del ambiente. En este método los acentos de iluminación son agregados al final del proceso. De esta forma el resultado final puede ser el mismo si uno empieza visualizando una escena oscura o una escena encendida. *El último requiere más concentración, mayor poder de visualización, y quizás un poco más habilidad en la iluminación.*

IV.2.1. Luz blanca.

La mayoría de nosotros asumimos incorrectamente que toda la luz natural y la luz artificial aun la más pequeña es de color blanco, pero de hecho la luz casi nunca es blanca. La luz normalmente se tiñe, pocos elementos en naturaleza (Quizás el agua) son cromáticamente dinámicos ante la luz. El agua tiene ligeros cambios de color con respecto a las horas del día, al secarse, al paisaje, y a su situación sobre la tierra. Simplemente piense por ejemplo, diferencias cromáticas entre la luz de una tarde soleada de invierno en el fiordo nórdico (Golfo estrecho y profundo de Noruega), un ocaso de verano en el caribe tormentoso, o el mediodía en los cielos altos primaverales claros del desierto rocoso

australiano. La luz del invierno nórdico puede tener un desaire en el tinte azul, mientras la luz de un caribe tormentoso el ocaso podría ser el color rosa fruta mamey tropical, y en la primavera el poderío de luz del desierto australiano tiene un tinte amarillo ligero. Las diferencias coloridas en los tres ejemplos pueden ser sutiles pero muy significativas, si uno está intentando simular ambientes podemos tomar estos paisajes mencionados para aplicarlos en un programa tridimensional.

El efecto de la iluminación creado por el relámpago de una tormenta puede ser recreado insertando uno o dos marcos blancos en sucesión sólo un par de segundos antes de que escuche el sonido del trueno. Después de un sonido muy fuerte se coloca luz en el área cercana a donde se supone que el relámpago tiene que caer, es de repente cambiado a un color blanco luminoso y oscurecido en un instante.

IV.2.2. Luz coloreada.

Nosotros podemos lograr efectos de la iluminación sorprendentes usando luces coloreadas. Los resultados siempre son recordados de las artes realizadas donde el actor se desplaza literalmente alrededor de la escena con luces de colores, o clubes de baile donde mucha de la atmósfera festiva es la carta constitucional visual, esto se crea con una secuencia constante de luces coloreadas. El poder visual de las luces de colores es grande, sin embargo, ellas deben ser usadas sobre todo con prudencia al iluminar espacios o situaciones donde una atmósfera festiva debe de estar distrayendo.

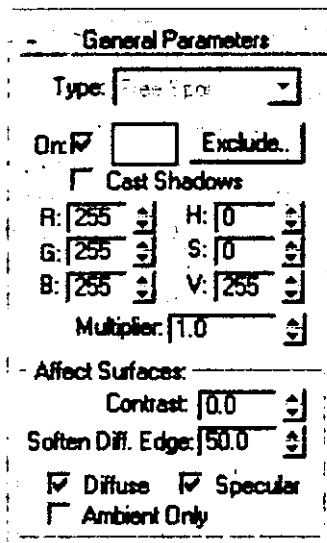
Una sorpresa visual agradable que es muy común es la actuación en el circo, las escenas pasan cuando las luces de mancha son proyectadas con luces de colores que se solapan entre sí. Este recurso de iluminación debe su fuerza a los inesperados colores que son el resultado de la mezcla de luces coloreadas.

La mayoría de nosotros ha experimentado que la mezcla de rojo y amarillo da naranja, azul y amarillo da verde, y rojo y azul da púrpura. Las mezclas de luz de colores son basadas en las reglas físicas del *sistema aditivo de colores* (Basadas en luz) y este es opuesto por el *sistema sustractivo de colores* (Basado en el pigmento). Siempre es entretenido para nosotros el hacer demostraciones de las mezclas de colores básicas basadas en la luz, en un sistema tridimensional el verde y azul hacen el cian, azul y rojo hacen el magenta, y rojo y verde hacen el amarillo.

IV.2.3. Luz teñida.

Utilizar luces teñidas en una iluminación es menos dramático pero su efecto es más sutil que el usar luces de colores. Usar luces teñidas también es una técnica de iluminación común en la creación de simulaciones tridimensionales simulado espacios, sobre todo determinando un ambiente para la escena.

Usar luces teñidas puede ser un método eficaz para crear una atmósfera cohesiva. Las luces teñidas crean un efecto similar a una capa de pintura o barniz en los objetos de colores dispares o acabados de la superficie. Las luces teñidas son creadas por la selección de un color ligero para la luz emitida por la fuente de luz.



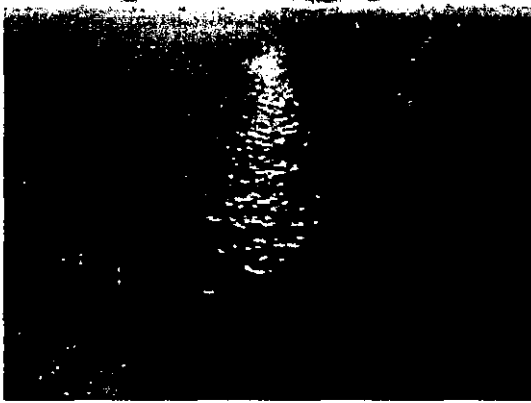
Selector de colores para los diferentes tipos de luz.

Quando usamos el modelo de color HSB para describir un tinte, los valores de saturación deben ser bajos para que el color quede fuera, los valores de brillo deben ser altos para que el tinte también no sea oscuro, y los valores de color pueden variar dependiendo de la coloración deseada para el tinte.

Al usar el modelo de color RGB, cada uno de los tres valores (rojo, verde, y azul) serán altos, para que el color resultante sea luminoso y también no se sature.

IV.2.4. Iluminación en agua.

El efecto de luz reflejado fuera de la superficie de agua al moverse puede ser recreado fácilmente poniendo luz especular con ángulos de cono variantes brillando a través de una superficie que representa agua y darle una forma animada. Algunos programas tienen la habilidad de simular los efectos cáusticos con precisión viendo cuando la luz viaja a través del volumen de agua.



Esta imagen (Iluminación del lago) es creada basándose en los modelos de iluminación para agua.

IV.2.5. Luz animada.

Puede animarse la posición y atributos de fuentes de luz en una escena usando las *técnicas de interpolación de keyframe*. Estas técnicas incluyen la especificación interactiva de propuestas importantes, la corrección de parámetros de curvas, cinemática avanzada, y trayectorias de movimiento. Una variedad amplia de efectos de la iluminación que afectan la vista de una escena también pueden ser creados animando la intensidad de una fuente de luz así como su color, ángulo de cono, y distancia. Mover las luces en un ambiente tridimensional, sin embargo, debe ser hecho con gran cuidado porque las fuentes de luz pobremente animadas pueden ser una gran fuente de distracción visual en cualquier sucesión animada.

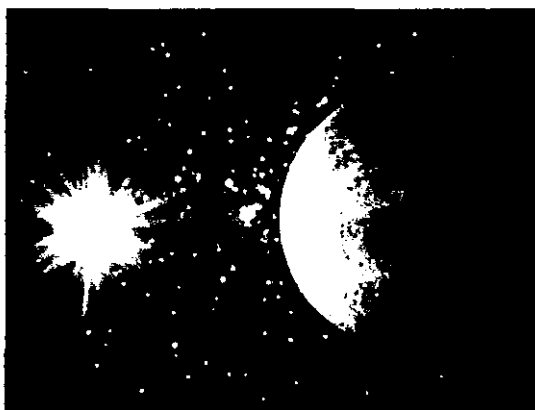
IV.3. TIPOS DE FUENTES LUZ.

Hay varios tipos básicos de fuentes luz y son clasificados según la manera en que ellos irradian luz. Las fuentes luz simuladas generalmente incluyen *luces de punto*, las *luces de mancha*, *luces lineales*, *luces que*

iluminan un área, luces infinitas, y luces ambientales. Todos estos tipos de luz se pueden crear y pueden ser modificadas por el usuario. Además la mayoría de los programas crean una automáticamente o algunos predefinen luces en la escena tridimensional. Los esquemas de iluminación por defecto normalmente pueden ser personalizados, y pueden consistir en una fuente de luz de ambiente, una luz infinita que simule la intensidad y posición del sol, o una luz puntual que se pone encima y detrás de la cámara o en cualquier otra posición XYZ. Algunas luces de valor por defecto se apagan automáticamente, se apagan en cuanto nosotros especificamos cualquier fuente de luz en la escena; otras permanecen adelante hasta que ellas son cambiadas fuera manualmente. Algunos programas nos proporcionan luces predefinidas, si estos medios son utilizados sin cualquier nueva luz, el resultado no aparecerá alojado o en su defecto aparecerá sin cualquier luz.

IV.3.1. Luz puntual (Omnireccional).

Una luz de punto enciende uniformemente en todas las direcciones. Por esta razón la luz del punto también se llama una luz omnidireccional (Literalmente "en todas direcciones"). Las luces de punto son el tipo más simple de fuentes de luz, ellas se pueden poner en cualquier parte de la escena.



Existen varias escenas donde aparece el Sol, éste fue creado con una luz de punto.

Las luces de punto pueden estar por ejemplo, fuera del campo de visión de la cámara, detrás de un objeto en la escena, o incluso dentro de los objetos. Los efectos de luces de punto puestas dentro de los objetos

varian entre los software, pero en muchos casos la luz brilla a través de las paredes de un objeto transparente como en el caso de una bombilla. Una bombilla incandescente es un ejemplo simple de una luz de punto. Una estrella, una vela, y un disparo también son luces de punto pero requieren efectos adicionales.

IV.3.2. Luz de mancha o cónica.

Un modelo de luz de mancha es como una luz de punto, este tipo normalmente es usado para generar obras de arte. Las luces de mancha lanzan luz en una forma del cono y sólo en una dirección específica. Las luces de la mancha tienen algunas únicas características: un cono tiene un inconstante ángulo de luz, y un factor *fall-off* (Atenuación) ligero.

Linternas eléctricas, lámparas con sombras, y la luz de reflectores usada en fase; o producciones de la película son algunos de los ejemplos de luces de mancha.



Las luces de mancha fueron empleadas exclusivamente para la iluminación de la ciudad de Tenochtitlan durante el recorrido.

Luces de mancha que se oscurecen o se mueven son una manera eficaz de atraer la atención del público a un área específica o situación en una escena tridimensional. Una estrecha luz de mancha suave y afilada puede ser especialmente poderosa para resaltar la acción cuando el nivel de iluminación en la escena es bajo. Una luz de mancha en una escena oscura puede agregar una impresión de ansiedad o puede imaginar un destello porque el efecto de la iluminación consigue recordar al público una búsqueda para algo o alguien que esté escondiéndose, o intentar escondernos de alguien o algo que esté buscándonos.

IV.3.3. Luz infinita.

Las luces infinitas son hasta ahora los elementos en donde sus rayos ligeros alcanzan la escena contraponiéndose a nosotros. Éstas se comportan como las estrellas en el cielo, pero son estrellas diferentes, la simulación por computadora puede poner luces infinitas en cualquier parte del ambiente, son mucho menos y su intensidad puede modularse.

En muchos programas las luces infinitas tienen una intensidad constante, y no se deteriora cuando ellas viajan a través del espacio. El sol es un caso especial de una fuente de luz infinita que puede ser puesta con precisión sobre la escena tecleando la latitud y longitud de su situación más el tiempo correcto del día y fecha donde la simulación de la escena esté teniendo lugar.

IV.3.4. Luz del área.

Algunos programas proporcionan luces de área en forma de grupos de luces múltiples, o una sola luz de área grande. Las luces de área pueden ser escaladas a casi cualquier tamaño pero pueden ser más eficaces cuando son pequeñas, y son normalmente rectangulares o redondas. Son especialmente útiles para encender áreas pequeñas uniformemente, por ejemplo, la manera en la que la joyería es habitualmente fotografiada por profesionales es poniéndose en una caja de transparente o entre dos luces encajonadas. También pueden usarse luces de área para simular la reflexión de luz que entra en un espacio interior a través de una ventana abierta.

IV.3.5. Luz lineal (Direccional).

La luz de los tubos fluorescentes encendidos en espacios públicos puede simularse con luces lineales. Las luces lineales tienen longitud pero ninguna anchura, y ellas también pueden descomponerse a cualquiera tamaño.

El usar fuentes de luz lineales debe de ser ejercido con cuidado porque su cómputo en algunos casos puede consumir más tiempo que la combinación de varios puntos de luces.



La luz direccional fue empleada para simular la sombra de la Luna cuando pasa sobre el Sol, ésta proyectándose sobre el volcán Popocatepetl.

IV.3.6. Luz de ambiente.

La luz radiada por la fuente de luz de ambiente es uniformemente distribuida a lo largo de la escena entera. La luz de ambiente es usada a menudo muy genéricamente por diferentes programas de software, y hablando técnicamente, esto no siempre se refiere a una fuente de luz ambiental. En algunos casos se refiere a una fuente de luz puntual que se crea automáticamente por el programa para cada escena.

Aunque en un ambiente la fuente de luz puede ponerse en una posición de XYZ específica en un espacio tridimensional, es mejor pensar en una luz de ambiente como la que viene de todas las direcciones. La fuente de luz ambiental determina a menudo el nivel general de iluminación, u oscuridad, de una escena y hay casi siempre sólo una fuente de luz ambiental por escena.

IV.4. COMPONENTES BÁSICOS DE UNA FUENTE DE LUZ.

Los elementos principales de todas las fuentes de luz simuladas incluyen posición, color y nivel de intensidad, descomposición a distancia (*Fall-Off*), brillo, y sombras. Además, las luces de mancha también son definidas por su orientación y ángulo de cono. Todo software de iluminación hace lo posible por revisar individualmente cada uno de los componentes de una fuente de luz. Algunos programas también permiten a los usuarios agrupar determinados atributos y salvarlos juntos en un archivo, esto se llama *light shader* y se puede aplicar a cualquier fuente de luz.

IV.4.1. Posición y orientación.

La posición y orientación de una fuente de luz puede controlarse con la navegación estándar o con las herramientas de transformación geométricas proporcionadas por todos los programas 3D. En general, las herramientas para poner fuentes luz en un espacio tridimensional simulado son iguales a las herramientas usadas para poner cámaras; simplemente hay que combinar traslaciones y rotaciones.

En el modo de despliegue *wireframe* de las fuentes de luz están normalmente representadas con una variedad de símbolos gráficos; por ejemplo, una bombilla para una luz de punto, una linterna para una luz de mancha, una esfera junto a una línea recta para una luz infinita, y así sucesivamente. Pero cuando una escena es mostrada, las propias fuentes de luz normalmente pueden verse reales, a menos que esas luces sean invisibles o en todo caso que éstas no aparezcan en la muestra final. En muchos programas, las fuentes de luz son por defecto visibles, y cuando se muestran ellas aparecen en la imagen como manchas luminosas o como objetos tridimensionales pequeños que se parecen a los símbolos gráficos normalmente representados en las fuentes de luz en el modo *wireframe*.

IV.4.2. Color e intensidad.

La luz simulada puede tener virtualmente cualquier color. En la mayoría de programas se especifica el color de luces normalmente usando una luz basada en el modo de color aditivo. El modelo RGB (Rojo, verde, azul) y el modelo HSB (Color, saturación, brillo) son ambos modelos de color aditivo. Algunos de los programas proporcionan los dos modelos de color para trabajar con ellos, otros programas proporcionan solo uno de ellos. En el modelo de color RGB, un color, puede ser especificado individualmente por los componentes rojo, verde, y azul. Los rangos numéricos en la programación también especifican que el color varíe. Por ejemplo, ellos pueden ir de 0.000 a 1.000, 0 a 255, o 0 a 65,535 dependiendo de la resolución, colores y precisión del sistema. Al contrario del modelo de color basado en pigmento, en donde la mezcla de colores consigue oscurecer y a su vez más color es agregado, en el modelo de color RGB de luz se puede iluminar de acuerdo al aumento en la mezcla de cantidad de colores.

Cuando usamos el sistema de color HSB es posible especificar la intensidad de una fuente de luz independientemente de su color. Por esta razón es más rápido y más fácil para la mayoría de las personas definir el color de luces con este modelo de color que cuando usan el modelo RGB. Una de varias herramientas para seleccionar colores visualmente dentro

del contexto del HSB son los valores de intensidad que normalmente van de 0.000 a 1.000, con intensidad máxima representada por un número uno y la *intensidad mínima (Off)* representándose por cero. Algunos programas ofrecen herramientas simples para estimular la intensidad de una fuente de luz.

Color	Escala 0 – 255	Escala 0 - 1
Rojo	255 – 0 – 0	1 – 0 – 0
Verde	0 – 255 – 0	0 – 1 – 0
Azul	0 – 0 – 255	0 – 0 – 1
Cyan	0 – 255 – 255	0 – 1 – 1
Amarillo	255 – 255 – 0	1 – 1 – 0
Magenta	255 – 0 – 255	1 – 0 – 1
Agua	161 – 255 – 238	0.631 – 1 – 0.933
Crema	252 – 255 – 103	0.988 – 1 – 0.403
Óxido	141 – 43 – 17	0.552 – 0.168 – 0.066

En esta tabla se representa la forma en que se puede teñir de color a la luz usando el modelo RGB.

Puede controlarse la intensidad de la fuente de luz independientemente de su color, pero la intensidad del color de la luz nos perturba, afectando su intensidad de iluminación, por ejemplo, si nosotros tenemos dos luces rojas con la misma intensidad pero una de ellas tiene un color rojo oscuro y el otro un color rojo ligero, la última parecerá con una luz más intensa.

IV.4.3. Descomposición a distancia (*Fall-Off*).

El valor de descomposición controla la intensidad de una fuente de luz, y da como resultado que la luz de una fuente de luz débil realice viajes ligeros. Una luz débil se descompone rápidamente mientras que una descomposición de luz intensa es mucho más lenta y viaja lejos. En el mundo real la descomposición de luz siempre se une a la intensidad la fuente que creó la luz, pero en la simulación por computadora la descomposición de iluminación es a menudo independiente del parámetro de intensidad. En la mayoría de los programas el parámetro de descomposición define la intensidad de luz indiferente de su tipo cuando

viaja lejos. La luz creada por una fuente de luz puntual igualmente decae en todas direcciones.

Sin embargo la luz creada de las luces de mancha, decae conforme a los movimientos lejanos de la fuente de luz, pero también cuando se mueve del centro del cono la emisión hacia los bordes. Este tipo de decaimiento es a veces llamado fall-off (Atenuación) *puede controlarse con interpolación lineal para efectos de apagados lentos o con una interpolación exponencial para un apagado abrupto*. La agudeza o suavidad de los bordes de mancha se controlan con la emisión de luz con el valor fall-Off.

IV.4.4. Ángulo de emisión.

El ángulo de emisión de luces es el único rasgo característico de las luces de mancha. El ángulo del cono de una luz de mancha define el diámetro de la emisión de luz y también el área de la superficie cubierta por la luz.

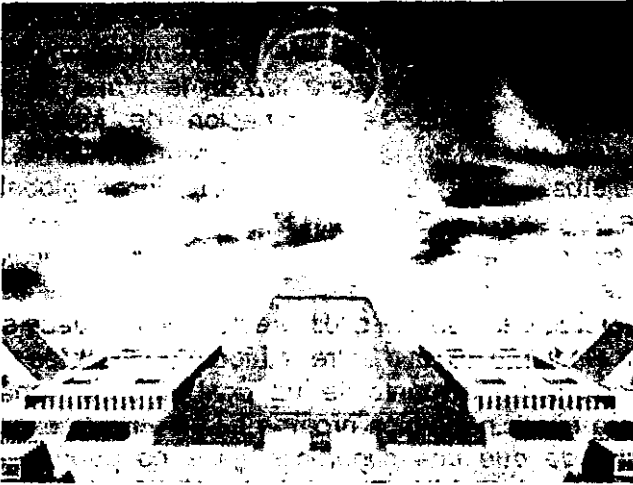


Características de la luz de mancha.

IV.4.5. Brillo y luz de cono.

Es posible con algunos programas simular una variedad de luces brillantes. *El brillo* de una luz es un círculo de luz alrededor de la forma de la fuente de luz debido a que la luz se *refracta* y es reflejada por partículas en el ambiente generalmente hielo, polvo, o humo. En algunos casos se calcula el brillo de luz basándose en el *sangrado* del despliegue por fuentes de luz muy luminosas, en lugar que la refracción encienda un ambiente tridimensional. El efecto de sangrando de luz es muy común en situaciones cuando una cámara es apuntada directamente a una fuente de luz, y la escena resultante tiene una mancha luminosa con brillo que irradia alrededor de ella. La diferencia entre los dos métodos de crear

brillo en luces generadas por computadora es una, la (Refracción) basada en cálculos avanzados tridimensionales, mientras que la otra (Sangrado) es basada en cálculos bidimensionales.



Escena de la ciudad de Tenochtitlan donde se puede apreciar el brillo y el sangrado de la fuente de luz.

El brillo de una luz de punto normalmente ocurre como un círculo o halo alrededor de la fuente de luz. El brillo de una luz de mancha ocurre en la forma de un cono de luz. Los brillos de luces redondas y cónicas son a menudo llamados brillos volumétricos, y ellos son definidos por la disminución de la fuente de luz. Los resultados de decaimiento lineal es un apagado gradual del efecto de luz, mientras los resultados de decaimiento exponencial son un desaparecimiento súbito de la fuente de luz. El brillo de la luz cónica es controlado por el ángulo de emisión de la fuente de luz. El espesor o frecuencia de las partículas en el ambiente que causan el brillo de luz son controlados con parámetros que simulan el tamaño, orientación, movimiento y opacidad de las partículas en el ambiente.

La señal luminosa de la lente es un efecto que se relaciona con el brillo de luz, y simula la refracción de luz dentro de una lente de cámara. La señal luminosa que la lente crea, los anillos o estrellas causados por la refracción de luz dentro de la lente de la cámara, también son un efecto bidimensional normalmente disponible en muchos programas.

IV.4.6. Luces globales y locales.

Las *fuentes de luz globales* brillan delante de todos objetos en la escena que son directamente expuestos a la fuente de luz. Las fuentes de luz en una escena son por defecto globales.

Se usan métodos como el de radiosidad cuando incluso las superficies tridimensionales que no son directamente expuestas a una fuente de iluminación reciben alguna luz en la forma de penumbra o refracción difusa. El efecto de iluminación de luces globales es enormemente dependiente de su posición y orientación en la escena y su brillo, pero objetos directamente expuestos a luces globales siempre reflejan alguna de esa luz.

Una situación diferente ocurre con *fuentes de luz locales*, también, llamadas enlaces o fuentes de luz selectiva. Una fuente de luz local vierte su luz en los objetos uniéndose a ellos, y este vínculo puede ser exclusivo o inclusivo. Un *vínculo exclusivo* entre la fuente de luz y los objetos limita la luz proyectada por una fuente de luz local para sólo abatirse en los objetos unidos a ella. En algunos programas un vínculo exclusivo puede anular el hecho de que una superficie unida no pueda ser expuesta directamente a la fuente de luz. Es como si la fuente de luz pudiera viajar mágicamente a través de objetos opacos que ordinariamente bloquean la luz al alcanzar el objeto unido sin afectarlo. Un *vínculo inclusivo* permite que una fuente de luz local siempre ilumine los objetos que se han unido, como otros objetos en la escena que puedan exponerse directamente a ella.

Establecer vínculos entre las fuentes de luz tridimensional puede ser una manera eficaz de lograr iluminación en situaciones complejas, pero también puede aumentar la complejidad de dirección de una escena. Se llevan a cabo fuentes de luz locales de manera diferente por programas diferentes. Por esta razón las fuentes de luz locales pueden ser usadas con moderación. Del punto de vista de un objeto que es unido a una o varias fuentes de luz locales, el objeto sólo será iluminado por ellas y no por cualquier otra fuente de luz que pueda estar activa en la escena.

IV.4.7. Sombras.

En principio, todas las fuentes de luz lanzan sombras. Pero la sombra lanzada es una característica de las luces que pueden rotarse fuera, también la sombra es un atributo optativo de objetos y técnicas de obscurecimiento, la apariencia visual final de sombras no es determinada sólo por los atributos de la sombra sino también por los atributos del objeto, modelo de sombra y el método empleado.

Las sombras pueden ser definidas a través de varios parámetros, incluso color de la sombra, color de la penumbra, y suavidad del borde de sombra.



En esta escena de la ciudad e Tenochtitlan se aprecian las sombras, el umbral y penumbra.

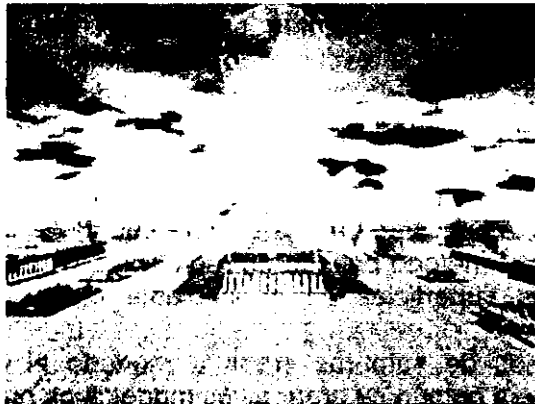
La porción de una sombra que bloquea luz directa total es llamada *umbral*, es la parte interna de la sombra. El área en la que la sombra mezcla sus bordes con otras luces en el ambiente se llama *penumbra*. La suavidad del borde de una sombra se controla en una variedad de maneras. Muchos métodos excluyendo el trazado de rayos, pueden controlar los bordes suaves de una escena por la distancia entre la fuente de luz y la sombra proyectada por el objeto. Los bordes de sombra son afilados conforme a los movimientos de la fuente de luz o llevando más lejos del objeto de la misma. El número de niveles del diseñador de sombra influye en la suavidad de una sombra cuando el trazado de rayos es usado. Al usar el método basado en radiosidad los bordes de sombra son suaves y las superficies en el ambiente crean una porción de reflexión difusa.

Los modelos de sombras crean a menudo el ambiente de la escena. Una manera común de crear estos modelos es proyectando luces a través de estancias de corte de salida, también conocidas como *luces del gobo*.

IV.4.8. Iluminación de la escena.

Aquellas personas que comprenden la importancia de la iluminación pueden apreciar la calidad de un acercamiento sistemático al iluminar. Sin la luz no podrían apreciarse volúmenes enteros del mundo visualmente. Sin la iluminación adecuada, las formas, colores, y texturas pueden estar solas, por ejemplo, pensando en algunos de los elementos de una cara bonita, los rasgos, las proporciones de las formas y sus curvaturas, el color evocador de los ojos, el colorido sutil, la textura de la piel, el peso y cómo es el pelo. El arreglo de la iluminación exitoso puede revelar todos estos elementos y presentarlos de una manera armónica. Pero un mal diseño de un esquema de iluminación no atraerá la atención llena y profunda de la cara bonita. Las sombras fuertes en los ojos, por ejemplo, pueden disminuir o esconder el color del ojo. Sombras desequilibradas alrededor de la nariz pueden torcer su equilibrio delicado. Iluminando la cara desde ciertos ángulos se puede alisar la línea de la mandíbula o se pueden mostrar el significado seductor escondido en la forma de los labios.

Increíblemente, la mayoría de los conceptos de iluminación pueden ser fácilmente adaptados a la iluminación de ambientes y a aquellos que son simulados por computadora porque en ambas situaciones la escena es totalmente oscura a menos que nosotros pongamos las luces. Nosotros podemos acercarnos a la iluminación desde dos puntos de vista, las áreas en la escena que requieren iluminación, y algunas de las posiciones básicas de fuentes de luz.



*Escena principal de la ciudad de México Tenochtitlan
(Recinto sagrado).*

Desde el punto de vista del diseño de un plan de iluminación hay algunas áreas constantes o aspectos de la escena que requieren iluminación. A lo largo de los tiempos muchos métodos de iluminación y técnicas han desarrollado formatos para diferentes géneros avanzados de representación y son llevados del drama a la comedia. Las categorías siguientes de iluminación resumen una variedad de métodos de iluminación tradicionales, esto puede adaptarse al plan y producción de animación por computadora. Estas categorías de iluminación son el *área de acción principal* y luces importantes, las *áreas de acción secundarias* son, los fondos, ambiente o iluminación de fuentes de luz visibles, y las luces en movimiento.

IV.4.9. Área de acción principal.

El área de acción principal es el espacio en la escena donde la mayoría de la acción tiene lugar. El área de acción principal se puede consistir en un área pequeña, por ejemplo, la muestra de una interacción molecular o en el caso de un área grande una persecución de automóvil en un estacionamiento subterráneo o en un parque. El área de acción principal en una escena de diálogo entre dos los personajes debe de ser donde la acción tiene lugar.

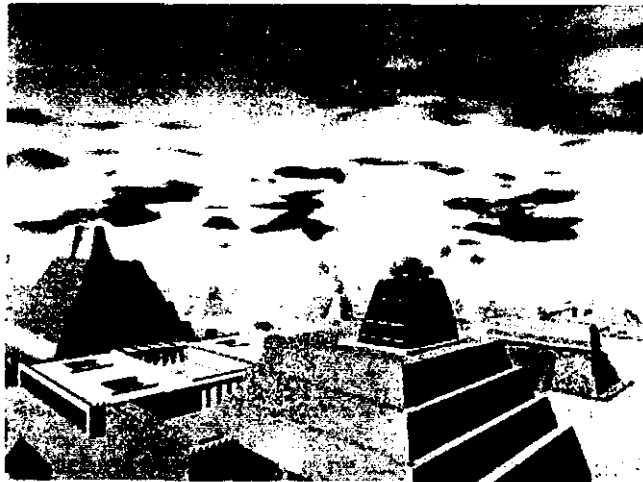


Área de acción principal en la escena de la fundación de Tenochtitlan.

En escenas generadas por computadora el área de acción principal puede localizarse en un espacio interior callado o puede extenderse encima de los cortafuegos y la lluvia de colores. Un par de luces de mancha podrían ser bastantes para un despliegue simple de una escena principalmente estática, pero algunas tomas podrían necesitar más luces y el delinear el movimiento de luces de mancha para diez personajes fantásticos que bailan en el fondo de la escena. Un arreglo de iluminación específico del área de acción principal puede requerir severas variaciones en casos cuando la escena se dispara a puntos diferentes de vista para dar énfasis a aspectos de escenarios diferentes. En muchas situaciones la iluminación del área de acción principal define el ambiente global de la escena, por esa razón las fuentes de luz iluminan el área de acción principal en un teatro se llaman a menudo luces importantes y se usan en conjunción con las luces de saturación. En la fase tradicional de diseño de iluminación no es raro dividir el área de acción principal en varias secciones dependiendo donde la acción tenga lugar, y se asigna un cierto número de luces, por ejemplo, a cada sección se asigna entre dos y cinco luces de la mancha.

IV.4.10. Área de acción secundaria.

El área de acción secundaria es el lugar en la escena donde alguna de la acción se desarrolla eventualmente.



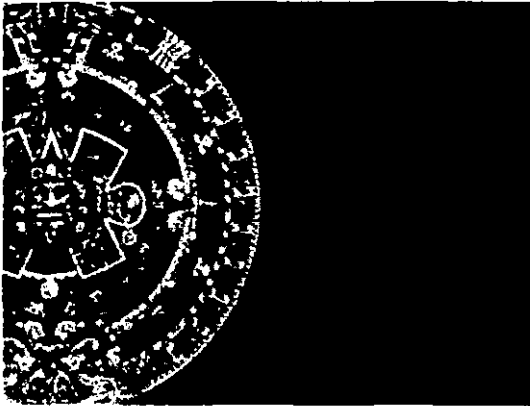
Área de acción secundaria, donde no se necesita de bastante iluminación.

Por ejemplo dos personajes en una escena que están en una sala gastan la mayoría de su tiempo sentados en el sofá (Área de acción principal), pero algunas tomas apuntan a uno de los personajes que se levanta y hace paseos hacia una repisa (área de acción secundaria), escoge un libro, y regresa al sofá. Las luces que iluminan la repisa y el libro puede estar en absoluto adelante a lo largo de la escena, o sólo cuando el personaje empieza a caminar al estante y oscurecer cuando el personaje se aleja de la misma.

El número de luces que se necesita para iluminar un área de acción secundaria, sobre todo pequeña, es normalmente más pequeño que el número de luces exigido para iluminar el área de acción principal.

IV.5. FONDO.

El fondo en ambientes generados por computadora, también pertenece a la fase de simulación de la computadora. El fondo normalmente consiste en las columnas que rodean las áreas de acción, el paisaje puede consistir en aparatos horizontales o verticales con texturas y mapas de ladrillos, por ejemplo, las superficies convexas pueden tener mapas procésales de nubes animadas o incluso un fondo fotográfico que haya sido compuesto.



Fondo aplicado a la escena de créditos.

Sobre todo los telones con texturas de paisajes son muy sensibles a luz de color. Muchos cambios cromáticos menores en las luces que iluminan el paisaje tienen efectos significativos en el color del paisaje.

dramáticos o para imponer ambientes dominantes. Pirotecnia, explosiones, niebla, y el relámpago son algunos de los ejemplos de efectos especiales de la iluminación.

Pueden simularse muchos efectos de iluminación encontrados en la naturaleza con combinaciones de fuentes de luz móviles. Algunos de estos efectos de iluminación incluyen la luz emitida por un relámpago, un disparo, explosiones naturales como la de un volcán, la luz reflejada fuera de la superficie del agua en movimiento, y la refracción a través de agua en movimiento en una cascada.

Los efectos de iluminación de fuego pueden lograrse con un grupo de luces de punto y luces de mancha puestas dentro de un área que corresponda a las dimensiones del fuego a recrearse. La intensidad y el movimiento de la iluminación generada por el fuego puede lograrse con parámetros de oscilación curva para la posición del ángulo de cono, y cada uno de los colores RGB en orden logra una irregularidad máxima.

Los efectos de la iluminación creados por el viaje de la luz a través de un color de vidrio, por ejemplo, crean un efecto de un espacio interior por luces exteriores que viajan a través de manchas del vidrio y requieren un mapa de la imagen translúcido, o una técnica como radiosidad o trazado de rayos para calcular los efectos de luz que viaja a través de las superficies transparentes o translúcidas.

IV.6. POSICIONES BÁSICAS DE LAS FUENTES DE LUZ.

Cuando se conjuga un diseño de iluminación tradicional, la iluminación generada por computadora tiene una gran ventaja ya que las luces pueden moverse alrededor de la escena sin tener que preocuparse por sujetarlas a barras ligeras o polos. Las luces simuladas por computadora tienen la habilidad de flotar en espacio. Los programas tridimensionales más usados usan XYZ como notación formal para posicionar luces en espacio tridimensional. Sin embargo, algunos programas ofrecen coordenadas esféricas mientras otros sistemas proporcionan coordenadas cartesianas para poner luces. El sistema de coordenada esférica, especifica la posición de objetos en espacio tridimensional en términos de su altitud y ángulo de latitud (sobre y alrededor de), respecto a un centro o punto de referencia. La posición del Sol, por ejemplo, puede describirse en términos de su altitud y su latitud. La *altitud* es definida respecto al ángulo de luz del espacio. La *latitud* es definida por el ángulo de proyección del Sol hacia el eje de este a oeste. Esta técnica es especialmente conveniente en proyectos arquitectónicos en los cuales la posición del Sol tiene que ser definida para calcular la cantidad de lanzamiento de sombra por un edificio y sus ambientes, así

como la cantidad de luz del Sol directamente recibida por la estructura en cualquier momento del día.

Una vez que se posicionan las fuentes de luz ellas pueden apuntarse a objetos específicos o áreas en el ambiente en una variedad de maneras. Los centros de interés pueden ser especificados numéricamente tecleando el valor XYZ, visualmente apuntando, el vector de la fuente de luz despliega una luz al objeto en cuestión, o este proceso puede realizarse automáticamente por el programa apuntando a un objeto, fuente de luz o a otra cámara.

En principio no hay ningún límite al número de fuentes de luz que puedan ponerse en una escena tridimensional. En la iluminación simulada por computadora, así como en iluminación realmente física, las únicas limitaciones al número de fuentes de luz que iluminan una escena son de una naturaleza práctica. El presupuesto e itinerario de algunos proyectos pueden determinar el número de fuentes de luz. Tanto en la iluminación generada por computadora como en iluminación real, crear, poner, y mover luces melódicamente requiere tiempo y dinero pero la iluminación es un requisito que si es real o simulada tiene una gama amplia de comparación y de complejidad.

Pueden ponerse luces en una variedad de lugares con relación al objeto que se necesita iluminar y la cámara. Las posiciones básicas de fuentes de luz y sus variaciones correspondientes cuando ellas enfocan adelante del objeto se examinan aquí: *par* de luces de mancha con 45° de ángulo, *frente* (Debajo del nivel del objeto), *lado* (Sobre el nivel del objeto, sobre, y detrás), *atrás* (Sobre y lado), y *cima*. Es importante tener presente que no todas las situaciones necesitan presentar todas éstas luces en todo momento. Es necesario usar nuestro criterio de antemano al finalizar un arreglo de iluminación.

IV.6.1. 45 Grados par.

Uno de los arreglos de la iluminación más comunes (De hecho, habitualmente se llama *iluminación ordinaria*) consiste en dos luces de mancha puestas sobre, delante y a los lados de un objeto. En esta configuración de iluminación ambas luces son enfocadas respecto al objeto a un ángulo de 90° cada una respecto con la otra. Ambas luces son rotadas 45° alrededor de la vertical y el eje horizontal. Este ángulo de 45° ordinarios para el par de luces de mancha representa una manera simple y eficaz de tener una cantidad generosa de luz que hace revelar los rasgos del objeto así como algunos detalles en la forma de sombras.

el proceso de iluminación: las fuentes de luz, sus características de iluminación, y sus posiciones en espacio tridimensional.

IV.7.6. Minimizar el tiempo de rendering.

Hay que tratar de minimizar el tiempo del rendering reduciendo el número de luces a un mínimo al guardarlas. La mayoría de las escenas puede iluminarse propiamente con una pareja de fuentes de luz bien colocadas. Muchos diseñadores inexpertos crean más fuentes de luz de las necesarias para iluminar una escena. Mucho de tiempo se ahorra estudiando la escena primero y poniendo sólo esas fuentes de luz que son esenciales al efecto de iluminación buscado. Solo situaciones especiales necesitan números grandes de fuentes de luz.

IV.8. ILUMINACIÓN DE LAS ESCENAS DE TENOCHTITLAN.

En esta sección se explicará como fueron iluminados los modelos 3D para poder realizar el movimiento de la cámara y de esta forma mostrar las técnicas de iluminación utilizadas.

IV.8.1. Iluminación de las escenas de presentación, Sol de México y créditos.

Tomando en cuenta todas las técnicas antes mencionadas, existen un gran número de opciones, relacionadas con los materiales, que ayudaron en las tareas de iluminación en las escenas de la animación Tenochtitlan.



Vista de la iluminación aplicada al inicio de la animación.

Las escenas de la *presentación de Tenochtitlan, créditos y Sol de México* son unas de las más atractivas en este trabajo, y su creación fue de lo más sencillo en cuanto a iluminación, ya que solo se utilizó la *luz ambiental*. Esta luz nos ayudo porque tiene la característica de ser omnipresente, esto quiere decir que parece existir por todas partes y que no se puede identificar como perteneciente a una fuente de luz.



Iluminación en la escena de créditos.

El color de la luz ambiental se aplico por default a todas las superficies de las escenas. Estas escenas como son iluminadas solamente con luz ambiental no tienen ni contraste ni sombreado, representándose cada lado y faceta con las misma intensidad.



Escena el Sol de México, donde se utilizó la luz ambiental.

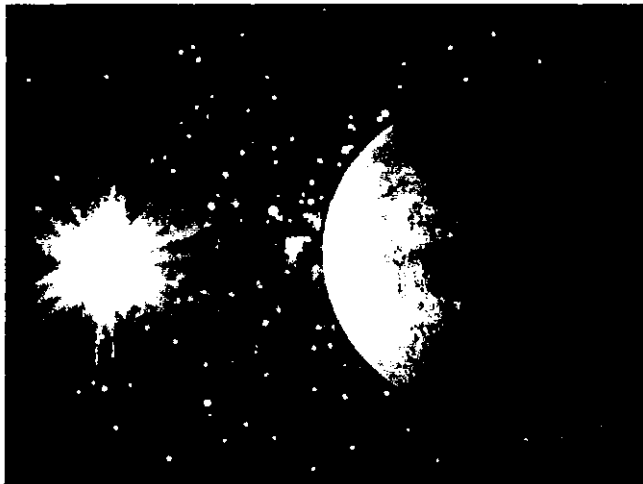
Solo las siluetas geométricas, las letras y las propiedades de los materiales son definibles. Dado que la luz ambiental siempre está presente, su luz y color es lo que se ve en las sombras proyectadas.

IV.8.2. Efectos de iluminación de las escenas del eclipse.

El simular el eclipse no fue fácil ya que para dar mayor realismo a las escenas se tuvieron que hacer varios juegos de luces en movimiento para simular sombras.

La toma espacial donde se aprecia el Sol y la Luna en movimiento tratando de sobreponerse es una de las más sencillas porque solo consta de cuatro luces de punto.

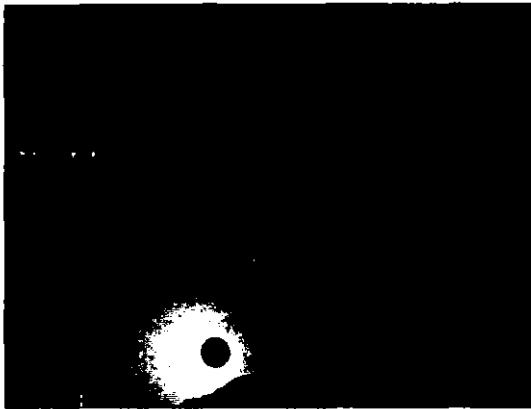
Tres luces de punto se encuentran en el interior de la esfera que simula la Luna, estas luces de punto se utilizaron para aparentar la superficie de la Luna sobre la esfera. Si la esfera no tuviera estas luces de punto en su interior la superficie de la misma no tendría el tono *gris – blanco* ya que la luz que simula el Sol sería predominante, solo se obtendría el primer tono y aparentaría ser una roca o esfera de concreto.



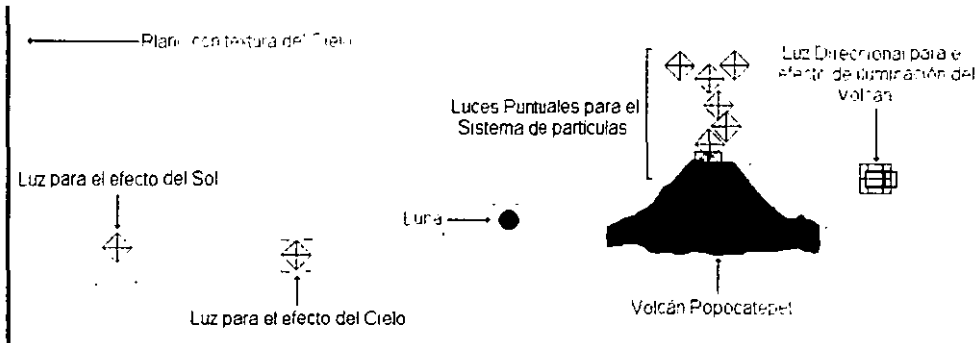
Toma espacial del eclipse, donde solo se utilizaron cuatro luces de punto.

Obtener las escenas del eclipse desde el volcán Popocatepetl es la contra cara de la toma espacial, la toma desde el volcán fue la más difícil de realizar para éste trabajo. Se utilizaron una gran cantidad de luces que se aplicaron de manera independiente a cada objeto de la escena, esto se debe a que la sombra que proyecta la Luna cuando se

sobrepone al Sol actúa de manera distinta sobre cada objeto, y además existen otros efectos de luz que se utilizaron para simular el eclipse y las partículas que expulsaba el volcán.



Escena del eclipse visto desde el volcán Popocatepetl, donde se pueden ver las sombras que se proyectan al sobreponerse la Luna sobre el Sol.



Vista lateral de los elementos que componen la escena, donde se puede ver las posiciones de las fuentes de luz para simular el eclipse visto desde el volcán Popocatepetl.

Como se aprecia en la figura anterior para la creación de la escena del eclipse se utilizaron una gran cantidad de fuentes de luz. Una Luz Puntual con efectos adicionales se utilizó exclusivamente para poder simular el Sol, a otra se le encomendó la tarea específica de iluminar el plano que tenía el tapiz del cielo. Esta luz tenía un movimiento que

constaba de alejarse y acercarse al plano, cuando la fuente de luz estaba lejos del plano, el plano mismo podía obtener una iluminación total pero si la fuente de luz se acercaba al plano en la misma dirección donde se encontraba la otra fuente de luz que simulaba el Sol, éste perdía iluminación.

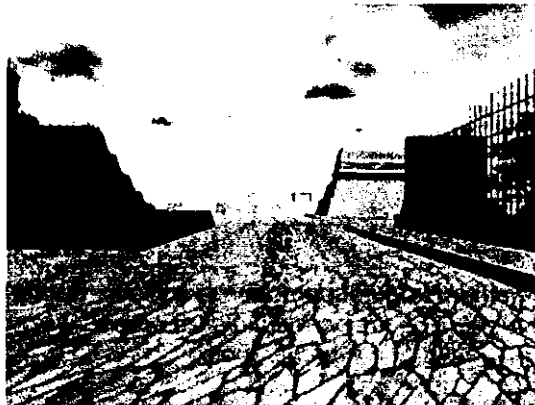
Siete luces de punto con efecto se dedicaron a la tarea de dar iluminación al sistema de partículas que expulsaba el volcán, esto fue necesario por que sin iluminación parecía que las partículas no eran incandescentes.

A una fuente de luz direccional se le encomendó que iluminara únicamente el volcán, se le agregó movimiento de tal manera que cuando la luna estuviera frente al Sol la fuente de luz no iluminara al volcán.

Todas las fuentes de luz anteriores y sus movimientos fueron coordinadas con el movimiento de la esfera que representa a la Luna, de tal manera cuando la Luna cubriera el Sol existiera una oscuridad parecida a la de un eclipse total de Sol.

IV.8.3. Iluminación de las escenas de fundación y recorrido por Tenochtitlan.

En las escenas de fundación de Tenochtitlan y recorrido por Tenochtitlan se aplicó el mismo sistema de iluminación, el cual combinado con efectos atmosféricos y materiales específicos dieron origen a las escenas que se muestran en la animación final.



Escena del recorrido por la ciudad de Tenochtitlan entre el Templo de Quetzalcoatl y Tezompantli, donde se aprecia la fuente de luz que simula el Sol.

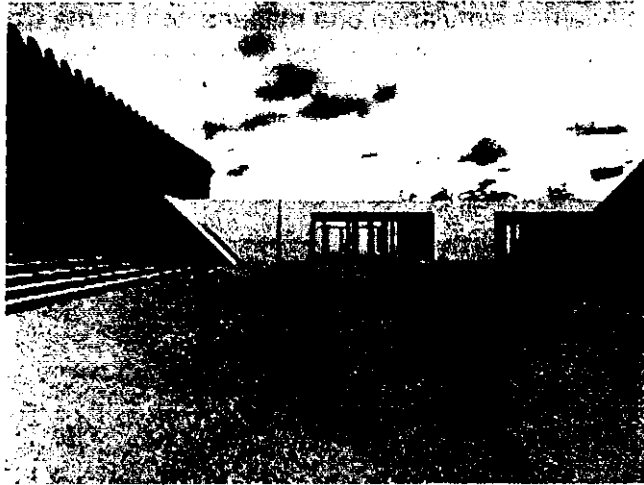
Las fuentes de iluminación de estas escenas deberían de iluminar a los objetos pero sin exceder la delimitante del ambiente, ya que se supone que estaríamos simulando una mañana con bruma y neblina.

En la escena de la fundación, los lirios, tules y demás plantas, así como los islotes y el modelo del águila devorando a la serpiente en la escena dieron un poco de realismo al ser iluminados de la forma en que muestra el esquema y no existió ningún problema al hacer el paneo de cámara.



Acercamiento del paneo de cámara aplicado al águila devorando a la serpiente.

Las escenas dentro de la ciudad de Tenochtitlan si tuvieron algo de *ensayo y error* porque algunas fuentes de luz, en especial la luz puntual que simula el Sol emitía rayos muy intensos y estos en algunas ocasiones traspasaban los materiales que se supone deberían ser de roca o metal.

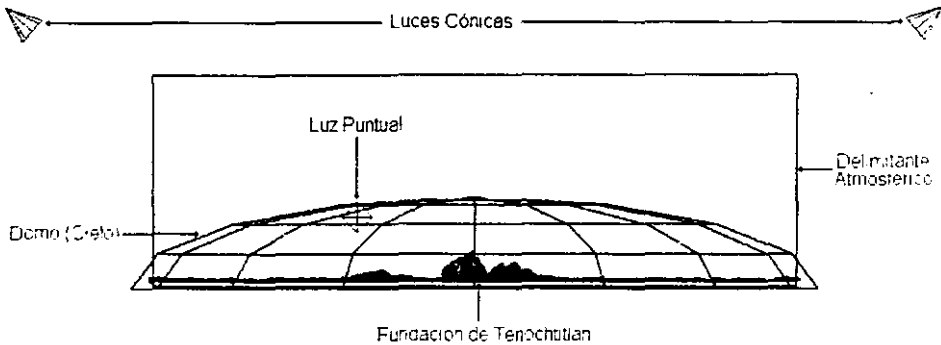


Escena del recorrido por Tenochtitlan (Calmecac), después de las correcciones aplicadas a las fuentes de luz para que no traspasaran los rayos de luz los materiales sólidos.



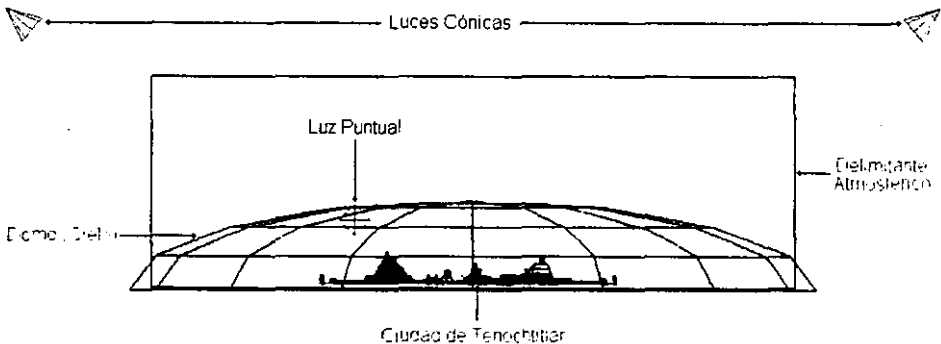
Acercamiento de la escena del águila devorando a la serpiente sin la iluminación de la fuente de luz puntual que simula el Sol.

MODELOS DE ILUMINACIÓN



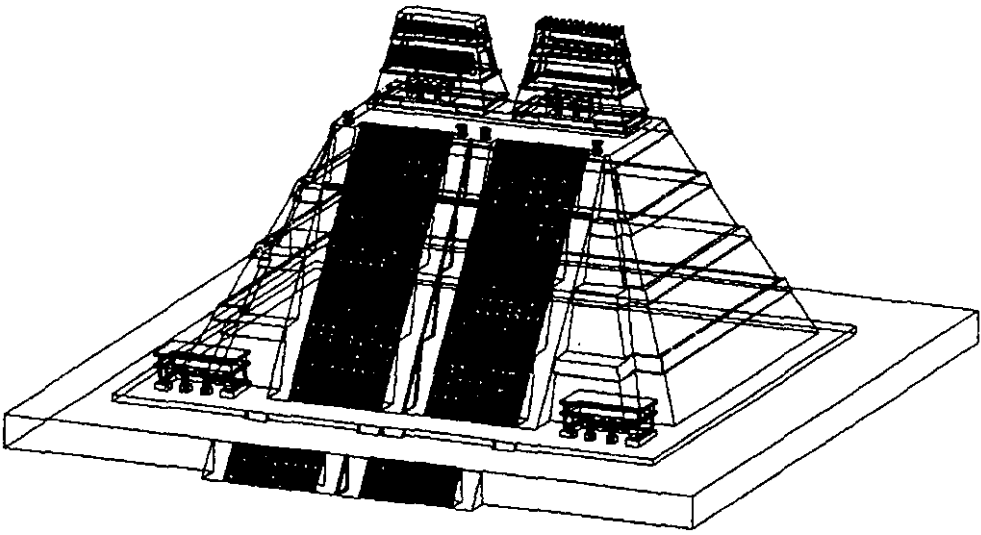
Ubicación de las fuentes de luz en la escena de fundación de Tenochtitlan.

Debido a que las escenas son en forma secuencial la misma iluminación se usa en ambas escenas y consta de dos *luces de mancha* que iluminan al frente y el fondo de la toma de la cámara, las cuales solo iluminan los objetos principales de la escena. Una *luz puntual* con efectos de cámara simula el Sol e ilumina el cielo, así como también el agua en la escena de la fundación de Tenochtitlan.



Ubicación de las fuentes de luz en la escena del recorrido por Tenochtitlan.

Capítulo V



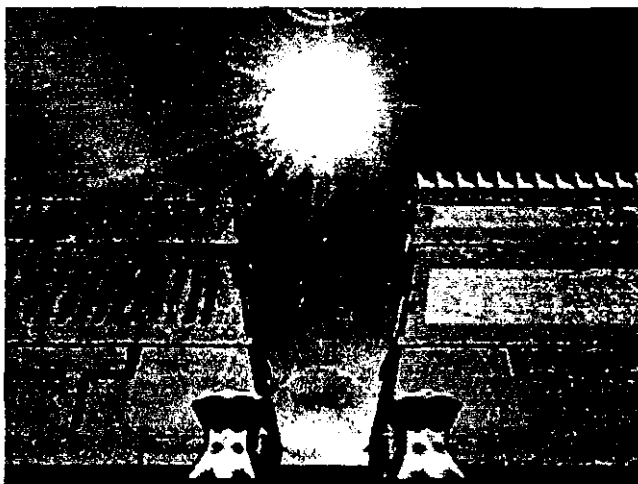
Animación.

Con el término de este capítulo se concluye el trabajo que se había planeado en el Storyboard y también se llega al punto donde se puede ver el fruto de las diferentes técnicas de la graficación por computadora muy en especial las de iluminación, descritas en el capítulo anterior.

También se describirán como fueron aplicadas algunas técnicas de animación al ser utilizadas para mostrar la iluminación implementada a los modelos de Tenochtitlan.

V.1. CREACIÓN DEL STORYBOARD "TENOCHTITLAN".

Los Storyboards son una parte importante en el diseño de cualquier presentación. Se comenzaron a desarrollar durante los años 30, cuando los directores y animadores se dieron cuenta que los guiones escritos tradicionales no eran efectivos para describir como fotografiar una película animada. Las historias con actores se basan fundamentalmente en diálogos pero, por el contrario, la animación intenta minimizar el diálogo y contar la historia por medio de acción.



Jugando con el modelo de Tenochtitlan obtuve esta imagen que representa como se veía el Sol en medio de los dos oratorios del Templo Mayor.

Esta técnica resulta tan útil que hoy en día casi todas las películas y representaciones profesionales se apoyan en Storyboards durante la fase de diseño.

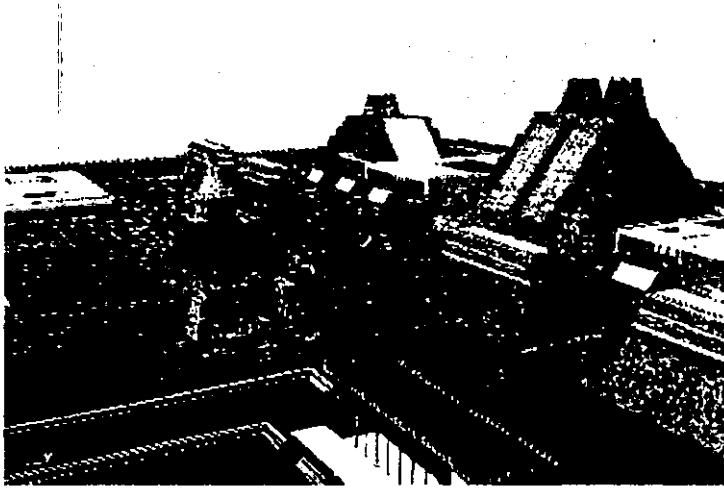
El Storyboard escrito a continuación fue elaborado hace algunos meses cuando se inició este trabajo de tesis y se fue modificando conforme iban surgiendo nuevas ideas y fuentes de información.

La idea es algo que no se debe de perder en todo momento, y la idea es la de mostrar la fundación, desenterrar la ciudad de Tenochtitlan y hacerla lucir por un recorrido en ella, tratando de tener escenas lo más cercanas a la realidad según las fuentes de información.

Esto mismo nos lleva a tratar de crear una animación donde puedan aplicar las técnicas de iluminación al modelo de México Tenochtitlan y a otros que se realicen para escenificar su fundación.

V.1.1. El guión.

Era necesario crear escenas de una historia que mostrara como fue que nació la ciudad de Tenochtitlan, esto implicaría incluir efectos cinematográficos como lo es la ciencia ficción y otras técnicas de animación.



Modelo de la ciudad de Tenochtitlan en la fase de tapizado con texturas y materiales.

Se había pensado que un personaje realizara el recorrido pero, en realidad el mismo espectador sería quien realizara el recorrido dentro de la ciudad. El público vería un valle donde se encuentra un águila devorando a una serpiente y también presenciaría emerger del lago a Tenochtitlan en ese mismo lugar.

Posteriormente realizaría un recorrido por la ciudad de Tenochtitlan apreciando sus principales edificios y una vez concluido éste se regresaría al punto inicial.

V.1.2. Historia.

Para crear una historia nos debemos de contestar las siguientes preguntas:

¿Qué historia se va a contar con la animación?

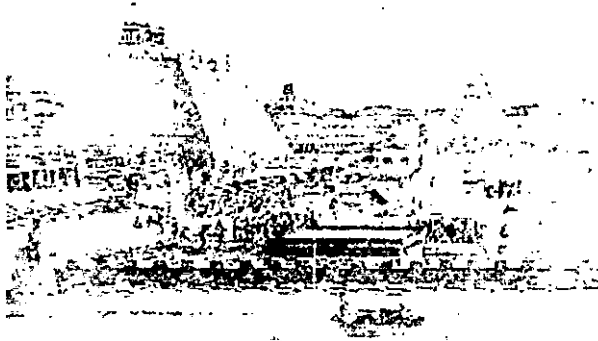
¿Cómo se mantendrá la atención de la audiencia?

¿Cómo comenzará la historia?

¿Cómo terminará?

¿Cuánto tiempo estimado de duración se tiene planeado?

Algunas veces tenemos la historia completa para animarla, aunque a veces la delimitante es el tiempo que debe durar.



Pintura que representa un día cotidiano en México Tenochtitlan.

Se describirán algunas de las escenas más importantes ya que estas pueden ser modificadas durante la fabricación de las mismas debido al surgimiento de nuevas ideas (*posteriormente se obtuvo de otras fuente de información que la fundación de Tenochtitlan se podría haber llevado a cabo por el acontecimiento de un eclipse total de sol, de manera que también se agregaron estas escenas al Storyboard*).

En una animación también se busca lo estético y la primera escena que se busco es la presentación de la México Tenochtitlan con algún logotipo o escena representativa que fuera bastante vistosa.

La segunda escena sería la de un águila sobre un nopal devorando una serpiente en el centro del lago, donde hay varias plantas y algunos lirios característicos de la zona.

Debido a que el lago y los islotes se encuentran en un valle con maleza espesa, el viento es escaso por las mañanas, hay un poco de niebla y de acuerdo a la leyenda de la fundación de Tenochtitlan, está amaneciendo.


Justamente donde está parada el águila se puede apreciar la luz del Sol al amanecer y empezaría a surgir del lago la ciudad de Tenochtitlan. Una vez emergida la ciudad, se comenzará el recorrido por la misma ciudad mostrando los principales edificios.


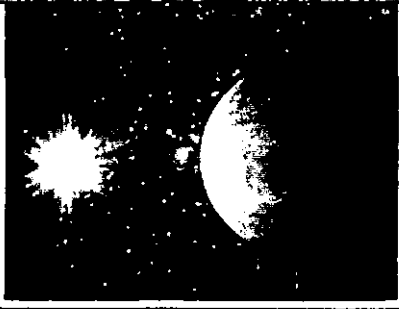
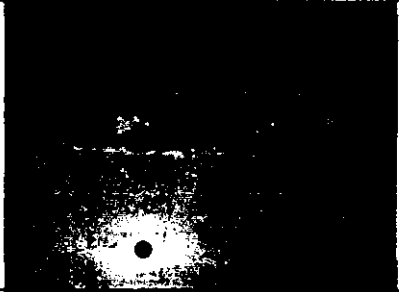

De acuerdo a la ubicación de la ciudad, los volcanes se encontrarían al costado izquierdo del Templo Mayor y detrás de éste mismo es donde saldría el Sol, es posible que los volcanes no aparezcan en las escenas por el empleo de la neblina que es parte del misticismo que quiero que lleve la animación.

La entrada principal de la ciudad de Tenochtitlan sería el inicio y termino del recorrido.

V.1.3. Storyboard.

Una vez que se tiene la historia que se planea contar se debe de usar el Storyboard para determinar como traducirla a una animación. Se debe dividir la historia en sus escenas principales, secuencias de acción importantes y transiciones entre las escenas. *Un Storyboard habitualmente se elabora con dibujos hechos a mano, pero debido a que no somos buenos dibujantes la representación de los cuadros la haremos con imágenes previas.*

PRE-Imagen.	Descripción.
	<p>El inicio de la animación empezará con una presentación sencilla del nombre de Tenochtitlan, desde luego tendría que ser llamativa para causar algo de impresión y fijar así la atención del espectador en el resto de la animación.</p>

	<p>Posteriormente se tendrá que delimitar el contexto de Tenochtitlan, por lo cual será necesario decir a que lugar del mundo perteneció esta magnífica civilización y hacer una alusión a México.</p>
	<p>Esta parte no estaba contemplada en el inicio pero debido a que se encontraron nuevas fuentes de información y nos enteramos que era posible que Tenochtitlan hubiese sido fundada por el acontecimiento de un eclipse, se decidió hacer una toma espacial del eclipse.</p>
	<p>Consecutivamente sin perder el misticismo pasaríamos a una toma desde las cercanías del volcán Popocatepetl el cual expulsaría material incandescente como un posible festejo de tal acontecimiento.</p>
	<p>Consumido el eclipse se hará un paneo alrededor del modelo que muestra un águila devorando una serpiente sobre el islote en el lago. Tratando de unir ambas versiones que dieron origen a la fundación de México Tenochtitlan.</p>

	<p>Posteriormente se verá como se hunden los islotes y emerge de la superficie del lago la ciudad de Tenochtitlan (Recinto Sagrado) en su última fase de construcción.</p>
	<p>Se iniciará el recorrido por la ciudad mostrando los principales edificios, entre los que se encuentran el <i>Calmecac</i> y el <i>Templo del Sol</i>. Una vez concluido el recorrido se regresaría al punto de partida y terminaría la animación.</p>
	<p>Con el propósito de que ningún edificio quedara fuera de la animación también se podrá hacer un paneo de la ciudad durante el recorrido. El fondeo también podría ser una opción, pero se pierde mucha nitidez en las imágenes.</p>

V.1.4. Musical.

En esta etapa se grabaría en la PC todos los temas musicales que se crean necesarios para la historia, estos pueden ser temas representativos de México o cualquier otro tema que sea instrumental y que cree un ambiente agradable durante la animación.

De los temas que se tienen pensados a continuación se muestran y serán analizados según el tiempo de la animación y énfasis que le den a la animación final:

1. Uitzilopochtli.

Grupo Yolteotl In Teteuh, música prehispánica mexicana.

Tiempo: 5:39 minutos.

2. Huapango.

Luis Cobos, Orquesta filarmónica de la ciudad de México.

Tiempo: 6:00 minutos.

3. Adiemus.

Songs of sanctuary.

Tiempo: 4:00 minutos.

4. Yeha - Noha (Whises of happiness et prosperity)

Performed by Sacred Spirits.

Tiempo: 4:25

Después de realizar varias pruebas con cada uno de los temas, se llegó a la conclusión que el tema número tres era el más adecuado por cumplir con los requisitos para la animación.

NOTA 1:

La metodología utilizada anteriormente es la más simple en la creación de animaciones la cual se compone de unos cuantos pasos, esta metodología es aplicada por personas que hacen dibujos animados, por personas que hacen animaciones 3D realizadas por computadora y por directores de cine.

NOTA 2:

La modificación del eclipse realizado en el Storyboard no fue la única, esta modificación nació a partir de que se tuvieron más fuentes de información, pero también surgieron muchas modificaciones debido a las limitantes del tiempo y del hardware.

V.2. ANIMACIÓN.

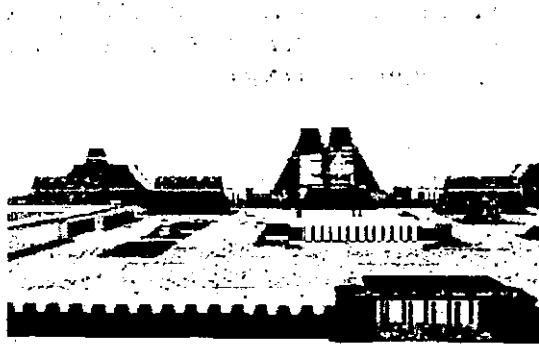
Tradicionalmente, la animación se ha definido como el proceso de producir muchas imágenes que muestren un objeto en movimiento y después reproducirlas tan rápidamente que dé la impresión de movimiento. Curiosamente, la definición sirve también para las imágenes en movimiento rodadas de la realidad. Una cámara de video o de cine captura imágenes de la realidad a alta velocidad para reproducirlas a alta velocidad. El fenómeno denominado *persistencia de la visión* hace que veamos movimiento donde lo único que hay realmente es una secuencia de imágenes estáticas.

Lo que diferencia la animación de las imágenes reales es el proceso por el cual se produce la imagen. Las imágenes reales se

capturan mediante cámaras, para luego ser reproducidas. La animación tradicional requiere dibujar cada imagen y luego fotografiarla como un solo cuadro para su reproducción.

Esta diferencia en los procesos es la causa de que, al hablar de animación, se mencione tanto a los cuadros. Cada imagen, o cuadro, de una película, ha de ser dibujada, entintada y coloreada a mano. Por eso, los animadores piensan en cuadros: "esta acción dura tantos cuadros" y "esto debe suceder en este cuadro".

En programas 3D, la animación tiene lugar verdaderamente en tiempo real. No hay que decidir cómo se quiere dividir el tiempo en cuadros hasta que no llega la hora de representar la animación.



Esta es una imagen del modelo de la ciudad de Tenochtitlan que guarda cuando estaba en sus primeras fases, en las que no se contaba todavía con un sistema de iluminación ni con efectos especiales.

La animación de Tenochtitlan consta de 4749 cuadros o fotogramas, estos cuadros no fueron creados de un solo golpe, se crearon por partes y después fueron unidos para generar la animación total por un programa que crea videos con formato AVI.

V.3. FUNDAMENTOS DE ANIMACIÓN.

Esta sección presenta algunos conceptos relacionados con la animación básica.

Los conceptos aquí cubiertos incluyen los temas de los controladores.

Siempre que se crea una animación, se asigna un controlador a cada parámetro animado de los objetos. Estos controladores almacenan

la información relacionada con la animación y definen cómo debe ser interpretada. Hay cuatro tipos básicos de controladores:

- Controladores basados en claves.
- Controladores procedimentales.
- Controladores compuestos.
- Controladores de sistema.

V.3.1. Controladores basados en claves.

El método más corriente para crear una animación es la generación de cuadros clave. La generación de cuadros clave es el proceso mediante el cual se colocan los objetos en determinados cuadros críticos y alguien crea la animación entre dichos cuadros. Un *cuadro clave* es cualquier cuadro en el que ha de ocurrir un suceso de animación determinado. Los cuadros situados entre los cuadros clave se denominan *cuadros intermedios*.



Imagen previa del modelo de la ciudad de Tenochtitlan cuando emerge del lago, en ella se pueden ver las líneas blancas verticales que representa las trayectorias de los objetos y también algunos cuadros claves.

La generación de cuadros clave funciona ajustando el cuadro actual de la animación al tiempo deseado.

La diferencia entre los controladores es su modo de calcular los valores de salida entre las claves (los valores intermedios).

La animación basada en cuadros clave fue utilizada en la creación de las escenas donde se puede apreciar que emerge la ciudad de Tenochtitlan del lago.

V.3.2. Controladores procedimentales.

Los controladores procedimentales o paramétricos no almacenan claves, sino que basan su salida en los valores iniciales que determina el usuario y en la ecuación que aplica el controlador. Los controladores procedimentales permiten crear movimientos o efectos que serían costosos de crear con los controladores basados en claves, como asociar un objeto a la superficie animada de otro, hacer que un objeto se desplace sobre una Spline o hacer que una luz destelle de manera intermitente con una periodicidad compleja. Algunos ejemplos de controladores de procedimiento son los de *superficie*, *recorrido* y el de *forma de onda*.

V.3.3. Controladores compuestos.

Los controladores compuestos combinan la salida de un conjunto de controladores, produciendo los resultados en un formato que el programa 3D entienda. Este controlador toma los datos de los controladores individuales de posición, rotación y escala y envía al software la matriz de transformación del objeto. Otros controladores compuestos son observar, lista y XYZ Euler.

V.3.4. Controladores de sistema.

Mientras todos los controladores anteriores controlan un parámetro o transformación de un solo objeto, los controladores de sistema controlan varios aspectos de varios objetos. Normalmente, mientras que los parámetros asociados al sistema se pueden animar, no ocurre lo mismo con los parámetros o transformaciones de los objetos individuales. Cuando se puede animar la transformación de un objeto individual, el controlador de sistema controla estas transformaciones y puede limitarlas para que se ajusten a los requerimientos del sistema.

Como se ha explicado anteriormente, las claves almacenan los valores de un parámetro en un momento determinado. En 3D studio MAX, al igual que en muchos programas de animación, el tiempo no es continuo, sino que viene definido en pequeñas porciones discretas.

Está claro que utilizar distintos tipos de controladores para crear diferentes tipos de iluminación no resulta muy útil si no se entiende cómo interpreta el programa 3D el tiempo.

V.4. DESPLAZAMIENTO DE LA CÁMARA.

El movimiento de la cámara es fundamental para añadir realismo a una escena. Si alguna vez ha visto una toma cinematográfica en pantallas IMAX o los teatros de inmersión de los parques temáticos, habrá

experimentado cómo una cámara puede afectar a los espectadores. El movimiento de la cámara debe realizarse con gran precaución, ya que las cámaras representan los ojos de los espectadores, por esta razón no existen personajes en la animación de Tenochtitlan, el objetivo primordial es que el espectador sea el principal personaje.

Antes de entrar en la teoría del movimiento de las cámaras en las animaciones, se deben comprender primero los principios básicos del desplazamiento de las cámaras dentro de una escena. Las cámaras con objetivo tienen una línea de visión fija que apunta directamente a sus objetivos. La línea de visión se representa como una línea que conecta la cámara con el objetivo. Si se desplaza el objetivo, la cámara girará para seguirlo. Cuando el objetivo se mueve, no variará la posición de la cámara, sino únicamente la dirección en que apunta (Siempre centrada en su objetivo). Si acerca el objetivo a la cámara (A lo largo del eje local z de la cámara), no afectará al campo visual, este principio es notorio en las escenas mapa de México y fundación de Tenochtitlan.



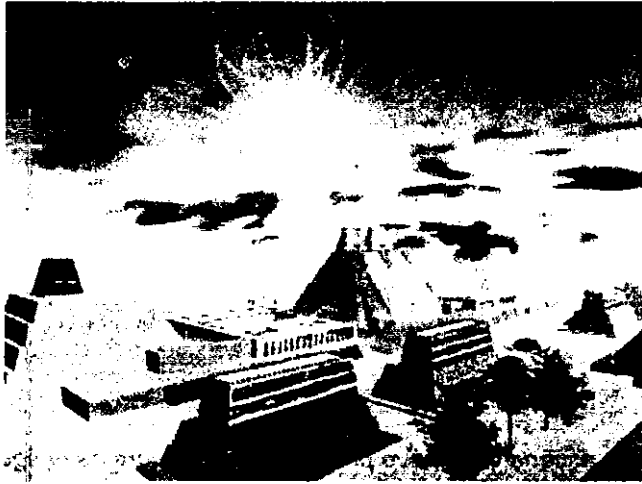
En esta escena el objetivo principal de la cámara es el águila sobre el nopal devorando a la serpiente.

Quando las cámaras y sus objetivos se desplazan, mantienen un campo visual constante. Al mover el objetivo, no se modificará el tamaño de la lente de la cámara. Por tanto, aunque la composición de la toma y el cono del campo visual mostrado puedan variar, el ángulo de éste permanecerá constante. Puede considerar el movimiento de la cámara como si la audiencia fuera la cámara y el objetivo el lugar sobre el que

enfocaran sus ojos. En otras palabras, mientras el cuerpo de los espectadores (la cámara) pueda desplazarse en cualquier dirección, serán libres de mirar hacia cualquier lugar (el objetivo). Por tanto, cualquier movimiento, por pequeño que sea, de la cámara o del objetivo se notará. Este hecho constituye tanto una ventaja como un obstáculo a la hora de animar una cámara. Una sacudida violenta o repentina al movimiento de la cámara será estupenda si pretende simular el descenso a través de una carretera de montaña, pero no funcionará nada bien cuando quiera mostrar una habitación. *Una buena regla empírica consiste en que, cuando se desplaza una cámara o su objetivo, hay que mantener la fluidez.*

V.4.1. Teoría del movimiento de cámara.

Cada persona tiene metas distintas a la hora de crear animaciones pero, si se buscan buenos efectos cinemáticos, sólo se deberá emplear el movimiento de la cámara cuando verdaderamente resulte necesario. Los desplazamientos de las cámaras afectan profundamente a la tónica general de la escena y deben ser coreografiados armónicamente.



Esta toma es otra de las combinaciones que hice al jugar con la cámara para obtener nuevas escenas del modelo de la ciudad de Tenochtitlan.

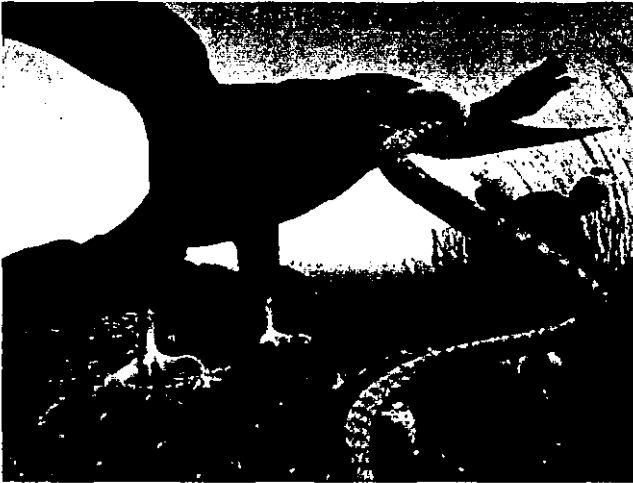
Aunque cada escena es distinta, la utilización de una adecuada combinación de travelín, encuadre y paralelo aumenta la calidad de las animaciones y las convertirá en una experiencia atractiva para el público.

V.4.2. Travelín (Acercamiento).

Generalmente se utiliza el travelín para llamar la atención del público sobre una zona muy específica de la escena, normalmente un sujeto. El travelín se emplea para efectos profundos y funciona muy bien, aunque un empleo excesivo de esta herramienta quedará horroroso, poco profesional y recordará a los videos caseros. Se ha de usar con mucha discreción, de forma que los espectadores no se vean llevados de un lado hacia otro.

Esto no quiere decir que no se deba utilizar nunca. Muchas películas de terror emplean continuamente el travelín. No existe ninguna regla clara ni simple, sólo directrices de carácter general. En las animaciones o películas de mucha acción, se debe acercar la cámara de forma más perceptible y con rapidez.

En las escenas más dramáticas, hay que acercar la cámara más lentamente y de manera más sutil. El travelín de cámara es una buena técnica para llamar la atención de los espectadores.



El acercamiento nos es útil para poder observar más de cerca los rasgos principales de un objeto.

La utilización de las distintas técnicas del travelín pueden agregar un gran impacto a cualquier animación y otras técnicas también podrán afectar a la interpretación que haga el público de los objetos. Muchas veces, un travelín puede ir precedido por un encuadre sobre el objeto, lo cual permitirá dirigir a los espectadores hacia la escena. Esta técnica se

puede emplear para introducir nuevos objetos y fue aplicada al inicio del recorrido por Tenochtitlan, específicamente en la entrada a la ciudad.

V.4.3. Encuadre.

Además del *travelin*, la cámara se puede encuadrar. Un encuadre suele ocurrir cuando se bloquea la cámara (Restringida a moverse a lo largo de un único eje) y se convierte en el centro de la escena. La cámara puede realizar un encuadre en un arco de 360°. Después de que la cámara se desplace hacia los lados, el movimiento no se seguirá denominando encuadre, sino que ya será algún tipo de paralelo. Un encuadre de 360° y la órbita opuesta de 360° (Cuando un elemento es el centro del universo y la cámara se desplaza alrededor suyo) constituyen técnicas adecuadas para dar al espectador sensación de omnisciencia. Esta técnica revelará casi todo sobre el objeto y puede crear un efecto impresionante.

Los encuadres pueden ser suaves y lentos, o violentos y rápidos, lo que se denomina encuadre rápido o paralelo. Los encuadres rápidos pueden ser muy efectivos cuando se utilizan desde el punto de vista subjetivo, o de primera persona.

V.4.4. Congelación de la imagen.

De vez en cuando será más efectivo tener un cuadro congelado en el que no exista ningún movimiento en absoluto. Este método es muy adecuado para la finalización de una escena. Los cambios abruptos del movimiento de una cámara tienen un fuerte impacto en la tónica general de la toma, independientemente de si el cambio es hacia un movimiento pleno o hacia la plena detención.

V.4.5. Movimiento lento.

¿En cuántas ocasiones han visto al héroe saltar antes de que comenzaran los fuegos artificiales y la acción se ha ralentizado con el fin de que no nos perdamos ningún detalle de la bola de fuego naranja? A veces, incluso se repite desde diferentes ángulos, no sólo para demostrar la maestría, sino también para dar tiempo al público a entender y reaccionar ante el suceso.

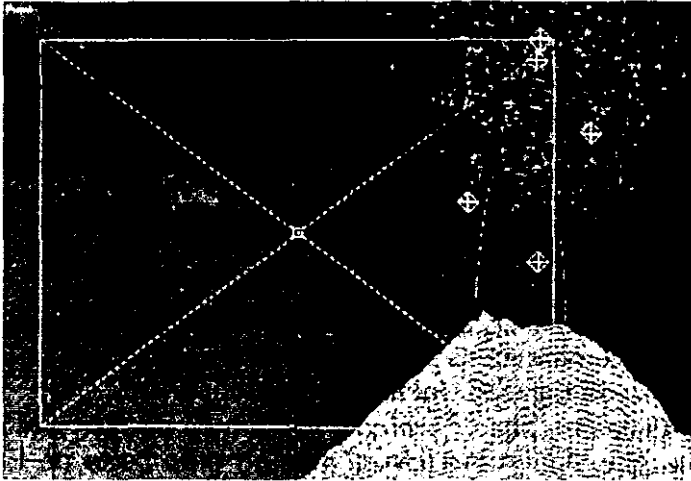
Esta es una buena técnica para mostrar en el transcurso de una escena ciertos objetos que queramos enfatizar.

V.4.6. Mover o no mover.

La animación y la cinematografía son una expresión artística. Por tanto, no existe ninguna forma correcta de filmar una escena. *Un director*

exitoso será el que pueda llamar la atención del público y atraerlo hacia los personajes y la trama. Entre sus responsabilidades se encuentra la forma en que se filmarán las escenas. A algunos animadores no les gusta desplazar la cámara, ya que consideran que aparta la atención de los actores y de la acción. Otros piensan, que la cámara puede constituir por sí misma un personaje.

Como animador, se debe utilizar la propia inspiración creativa para narrar el argumento de la forma que más guste. El punto principal es que el movimiento de la cámara es importante, pero no siempre necesario, esto es comprobable ya que no fue necesario el movimiento de cámara en el eclipse visto desde las cercanías del volcán Popocatepetl o en las escenas de presentación y créditos.



Vista frontal de la escena del eclipse visto desde las cercanías del volcán Popocatepetl, donde se puede observar la colocación de la estática cámara.

El movimiento de la cámara no es una habilidad física, sino emocional. Si puede provocar emociones en los espectadores a través de los personajes, la acción, la iluminación y técnicas cinematográficas, se habrá logrado el objetivo principal.

V.5. EL TIEMPO EN LA ANIMACIÓN POR COMPUTADORA.

El tiempo es uno de los elementos cuya comprensión resulta más importante a la hora de estudiar y aplicar la animación por computadora. La animación por computadora se realiza mostrando una serie de cuadros individuales a una velocidad lo suficientemente alta como para crear la

ilusión del movimiento. Es el mismo principio que utilizan los dibujos animados, el cine y la televisión.

3D studio MAX se basa en un sistema de medición de tiempo por impulsos. Un impulso es 1/4800 segundos. Todo lo que se anime en el software se almacena en tiempo real con una precisión de 1/4800 segundos. Como animador, debe decidir cómo quiere que se muestre el tiempo mientras trabaja y cómo quiere que se divida en cuadros al representar.

Se puede elegir entre mostrar el tiempo de la forma tradicional en animación y video, o trabajar con minutos y segundos. También se puede establecer la velocidad de imagen según distintos métodos estándar o especificar una velocidad personalizada que se adapte a nuestras necesidades.

En términos generales, la reproducción de una animación no se considera suave si no se alcanzan los *20 cuadros por segundo (CPS)*, pero la velocidad real para la que se diseñará la animación depende del medio que se use para grabarla. En Estados Unidos, por ejemplo, la norma son 24 CPS para el cine, mientras que para el video son 30 CPS.

El programa 3D puede trabajar con tres velocidades de imagen, dos para video, una para cine y otra creada por el usuario. Las tres velocidades estándar son:

- NTSC. Son las siglas de *national television standards* (Comité nacional de normas de televisión) y es la norma que se aplica a la televisión de Estados Unidos y Japón.
- PAL. Siglas de *phase alternate line* (Línea de fase alterna) es la norma que siguen las televisiones en gran parte de Europa. La velocidad de imagen es 25 cuadros por segundo.
- Cine. La velocidad de imagen en el cine es de 25 cuadros por segundo.

La animación de Tenochtitlan fue grabada en una resolución estándar para PC 640 x 480 píxeles a color verdadero y con un tiempo definido por el usuario del programa 3D de 20 cuadros por segundo.

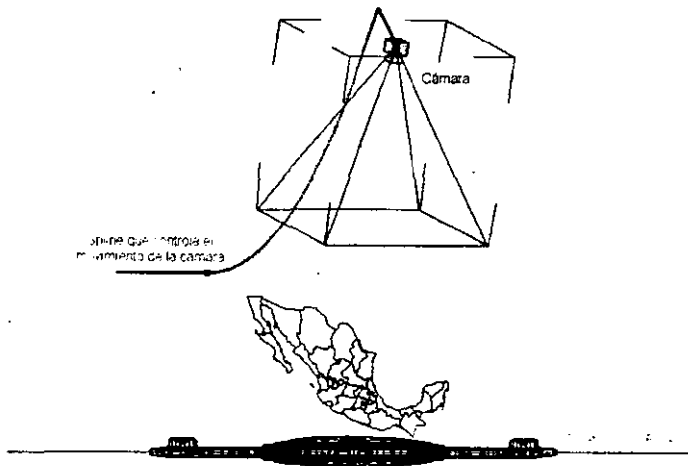
V.6. TEMAS AVANZADOS DE ANIMACIÓN QUE FUERON APLICADOS.

Esta sección presenta los conceptos propios de las técnicas y métodos de animación más avanzados, estos mismos fueron aplicados en la animación de Tenochtitlan. Tratamos las siguientes técnicas:

- Trayectorias.
- Puntos de pivote.
- Efectos especiales.
- Desenfoque de movimiento.

V.6.1. Trayectorias.

Al crear animaciones donde la posición del objeto cambia, los movimientos del objeto se pueden considerar trayectorias o recorridos de movimiento. Una trayectoria suele ser una finca, como, por ejemplo, una spline Bézier, que pasa a través de cada posición correspondiente a un cuadro clave. Como se ha dicho anteriormente, la trayectoria entre los cuadros clave es una función del controlador que se esté utilizando, el cual determina la curvatura de la trayectoria y la velocidad a la que se mueve el objeto entre los cuadros. Observando la trayectoria de un objeto, se puede saber cómo se verá el objeto y detectar cualquier movimiento inesperado, debido a la interpolación del movimiento entre las claves efectuada por el controlador.



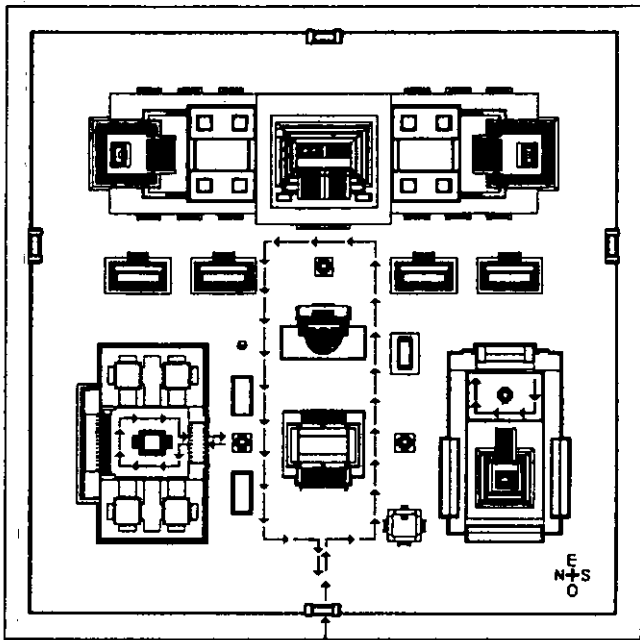
Trayectoria de la cámara controlada por una spline durante la escena de representativa del mapa de México.

Los fantasmas son un método de mostrar copias "fantasmas" alámbricas o sombreadas de un objeto animado durante un número de cuadros anteriores y posteriores al actual. Aunque mostrando la

trayectoria ya se ve como se mueve el objeto, los fantasmas ofrecen "instantáneas" de la apariencia del objeto durante ese periodo de tiempo. Estas instantáneas muestran el efecto sobre el objeto de cualquier rotación y escalado o de los modificadores y efectos especiales.

V.6.2. Recorridos.

Además de las trayectorias que se generaron a partir de las transformaciones, dispusimos de mayor control al utilizar formas como recorridos. Si dibujamos una spline en una escena y la asignamos como recorrido de una cámara, podremos disponer de mayor control sobre el movimiento de la cámara. Para tener aún mayor control, se debe asociar la cámara o el objetivo a un objeto ficticio y utilizar la forma como recorrido del objeto ficticio.



En este esquema se pueden ver con las flechas los recorridos de la cámara al nivel de suelo por la ciudad de Tenochtitlan.

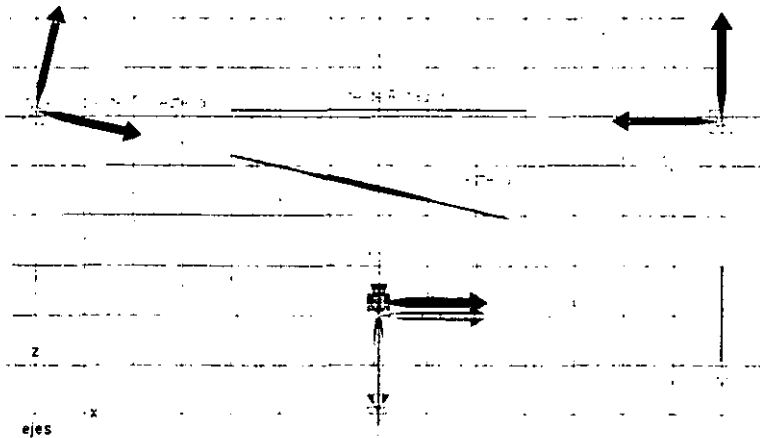
Esta técnica se aplicó al sincronizar las luces y el movimiento de los objetos en la escena del eclipse desde las cercanías del volcán Popocatepetl, en el movimiento del calendario azteca en la escena de

créditos y también en la de mapa de México donde se asignó una spline a la cámara para poder controlar su recorrido.

V.6.3. Puntos de pivote.

Todos los objetos creados en un programa 3D tienen un punto de pivote asociado. Considérese este punto como el punto de anclaje del objeto. Cuando lo movemos, rotamos o escalamos un objeto, las transformaciones se aplican al punto de pivote y luego se transmiten a la geometría del objeto. El efecto práctico es que, si rotamos o escalamos un objeto, la geometría es rotada o escalada con relación al punto de pivote.

Este efecto es útil a la hora de animar tanto objetos mecánicos como personajes. En ambos casos, hay que situar el punto de pivote en las uniones. Incluso se puede alejar el punto de pivote del objeto, para que parezca que éste está rotando alrededor de otro objeto, como lo fue en la escena de la fundación de Tenochtitlan, donde se puede ver como la cámara rota alrededor del islote.

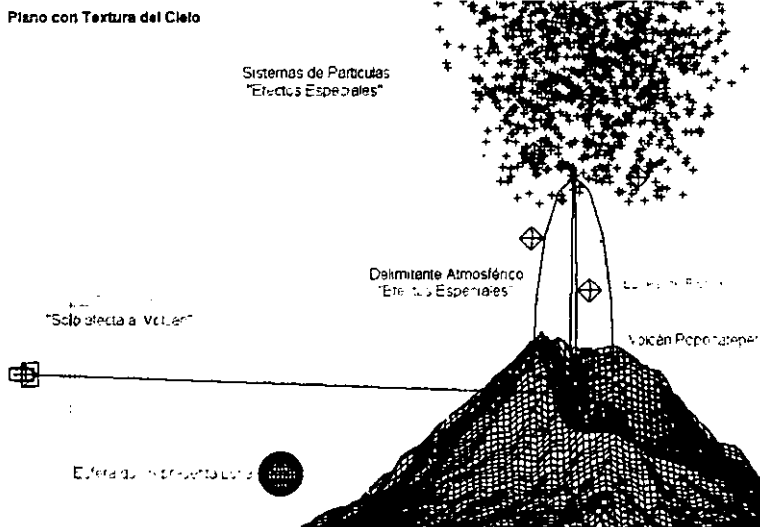


Vista de planta donde se pueden ver los pivotes de los objetos, estos fueron movidos a distancia del objeto para ser utilizados como controladores de movimiento en la escena de presentación de Tenochtitlan.

Los puntos pivote fueron muy útiles también en la creación de las escenas de presentación y créditos para poder mover las letras y objetos en la escena.

V.6.4. Efectos especiales.

Los efectos especiales son un modo de definir un área en el espacio 3D que tenga un efecto automático sobre determinados objetos que pasen por su zona de influencia. El efecto especial sólo afecta a los objetos vinculados con él. La diferencia entre un efecto especial y un modificador es que el modificador siempre tiene el mismo efecto sobre el objeto, sin importar dónde esté colocado éste, mientras que un efecto especial influye sobre el objeto según esté el objeto colocado y orientado en relación con el efecto. Dependiendo del tipo de deformación seleccionada, el objeto responderá a efectos de gravedad, se moverá aleatoriamente, se desintegrará o cambiará de recorrido.



Efectos especiales que se utilizaron en la escena del eclipse visto desde las cercanías del volcán Popocatepetl.

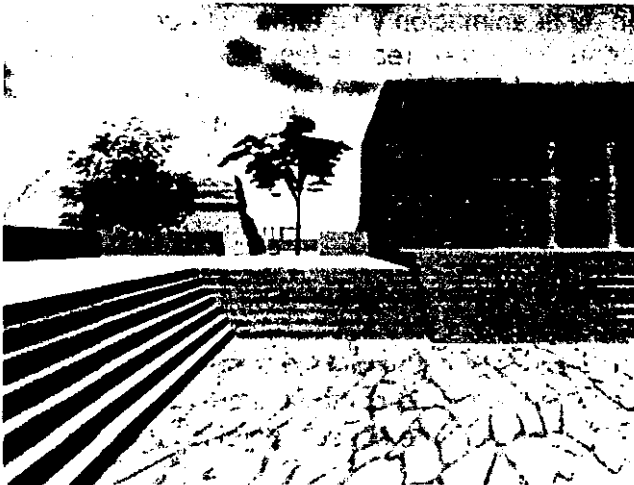
Los efectos especiales facilitan que ciertos efectos ocurran en determinados instantes.

El empleo de efectos especiales nos sirvió para animar varias escenas entre las que se encuentran la del eclipse, visto desde las cercanías del volcán Popocatepetl, el sistema de partículas acompañado de una fuerza que las expulsa hacia el espacio, así como el fuego conducido de un delimitante atmosférico para que se asome por el cráter dieron mucha vida a la escena.

También las escenas de fundación y recorrido por Tenochtitlan utilizaron efectos especiales para crear el ambiente, se emplearon efectos y delimitantes atmosféricos para crear el cielo y la neblina.

V.6.5. Desenfoque de movimiento.

Si hacemos una fotografía a un objeto que se mueve rápidamente, observaremos que los bordes del objeto no aparecen nítidos y que la posición del objeto parece extenderse. Esto es debido a que el objeto está en una posición cuando se abre la lente, y en otra cuando se cierra. La imagen captada por la película es en realidad la de todas sus posiciones, desde que se abre la lente hasta que se cierra.



Escena del recorrido por el Templo del Sol donde fue utilizado el desenfoque de cámara.

El uso del desenfoque de movimiento en los programas 3D se aproximan a este efecto. En las imágenes estáticas representadas con desenfoque de movimiento, los objetos que se mueven rápido aparecen más desenfocados que los que van más despacio, representando así visualmente su velocidad. En la reproducción de secuencias animadas, el desenfoque de movimiento ofrece una suavidad de movimiento que no sería posible si no se aplicara este efecto.

El empleo de este efecto especial fue muy útil en las escenas del recorrido por el Templo del Sol y el paneo realizado a la ciudad de Tenochtitlan.

V.7. REPRESENTACIÓN DE LA ANIMACIÓN DE TENOCHTITLAN.

Una vez que han sido modelados todos los objetos, se han creado y aplicado los materiales y todas las escenas han sido configuradas y representadas, la parte de modelado-animación del proyecto *Técnicas de iluminación aplicadas al modelo tridimensional México Tenochtitlan* está terminado. Los fotogramas pasan a un programa de diseño de video, que los monta en un archivo *.avi* de *windows media*. A este archivo de video se añade el sonido y las características interactivas empleando *macromedia director* o un programa similar.

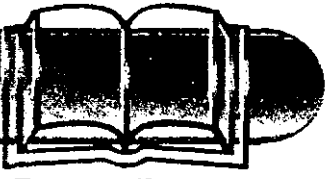
Se completan todas las tareas y se termina el proyecto. En ese momento, se realizan pruebas recorriendo todas las opciones de error en la reproducción de la animación y se toma nota de todos los problemas o dudas que surjan. Una vez realizadas las pruebas, se comentan los errores y se resuelven los problemas que les corresponden.

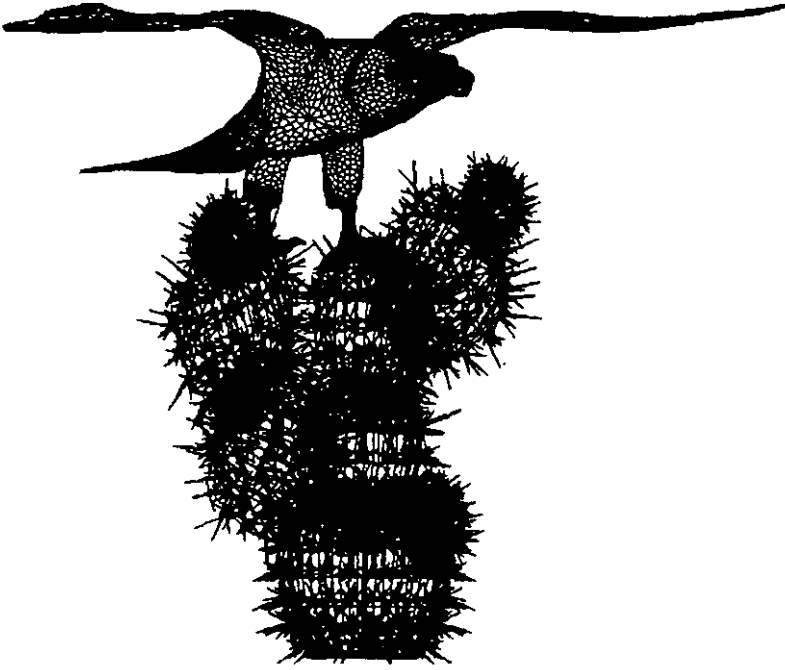
Para poder reproducir el video de la animación de Tenochtitlan (En formato *avi* con tres diferentes niveles de compresión) que se encuentra en el CD que acompaña este trabajo, primero se deberá contar con los siguientes requisitos:

- Windows 95 o versión posterior.
- Equipo multimedia.
- Microprocesador Pentium MMX o superior.
- 32 MB en memoria RAM como mínimo.
- 100 MB aproximados de espacio en disco duro.

Si se cuenta con todo lo anterior, antes de reproducir el video primero es necesario instalar el *codec* (Compresor y descompresor de video) correspondiente que se encuentra en el directorio Codecs del CD y posteriormente ejecutar la animación de Tenochtitlan.

Glosario





Términos de Graficación por Computadora.

GLOSARIO.

Muchos de los términos utilizados en la graficación por computadora pueden resultar poco conocidos. A continuación se tiene una lista con los términos utilizados más frecuentemente:

Afilar. Transformación que comprime o expande un objeto a lo largo del eje seleccionado.

Alambre. Modo de presentación o representación que dibuja los objetos mediante líneas que representan los bordes de los polígonos, lo que hace que el objeto parezca una escultura hecha de alambre.

Alinear. Nivelas las superficies de los objetos o centra múltiples objetos a lo largo de uno o más ejes.

Alisación. Método para suavizar los bordes afilados de una imagen, añadiendo o modificando píxeles próximos a los puntos con aspecto de escalera. De este modo se crea una mezcla entre el objeto y los colores de fondo.

Alteración. La alteración ajusta la ubicación del punto extremo máximo (o pico) del recorrido de movimiento o curva de control, en relación con el cuadro clave de animación.

Ángulo de incidencia. El ángulo con el que incide un rayo de luz sobre una superficie y es reflejado en los ojos del observador.

Animación. Es la modificación de cualquier clase de objeto, luz, material o cámara, ya sea moviéndolo o cambiándolo a lo largo de un cierto periodo de tiempo. La creación de acción o movimiento con objetos inanimados.

Animación de personajes. Proceso por el cual se dota a los objetos no sólo de movimiento, sino de personalidad. Casi cualquier objeto puede tener su propia personalidad, si se le aplican técnicas de animación de personajes.

Anisotrópico. Se refiere a un modo de sombreado en el que el realce especular puede ser no circular. Este tipo de sombra es común en metales y objetos con alto grado de curvatura.

Aproximación de superficie. Método de aproximación mediante triángulos para superficies NURBS y superficies correctoras, con vistas a su representación. Cuanto más precisa sea la aproximación, mejor será la representación, pero también consumirá más tiempo, debido al incremento en el número de caras.

Ascendiente. En una cadena de objetos vinculados, un objeto que está más cerca de la base de la jerarquía que el objeto vinculado a él.

Asociar. Es el unir elementos distintos para formar un único objeto.

Atenuación. La pérdida de intensidad que sufre la luz al alejarse de la fuente original. Se utiliza para simular la luz que alcanza grandes distancias.

Fall-Off. La porción o rango de una fuente de iluminación configurada a intensidad reducida o 0. También es un conjunto de opciones de transparencia que determinan la mayor o menor transparencia de los bordes de un objeto.

Atributo de superficie. Parámetro básico de los materiales, como puede ser el color, el brillo o la opacidad, que afecta a todas las partes del objeto por igual.

Autoiluminación. Control o canal de material que ajusta el grado con el que un objeto parece estar iluminado desde dentro.

Ayudante. Objeto usado junto con otros para crear ciertos efectos. Un ejemplo de ayudante es el Objeto Ficticio.

Biselar. Plano de transición ubicado entre otros dos planos, normalmente formando un ángulo cuyo valor es la mitad de la diferencia entre los planos.

Blinn. Método de sombreado que realiza el suavizado y muestra reales especulares que no son tan brillantes como los reales Phong. Se denomina así en honor a su inventor, Jirn Blino.

Borde o arista. Línea visible entre dos vértices componentes de una cara.

Cadena. Serie de objetos vinculados por una relación ascendente descendente jerárquica que no sólo abarca a los hijos de un objeto, sino que también se extiende a los descendientes de tercer nivel (nietos), cuarto nivel (bisnietos), etc.

Caja de contorno o área de trabajo. Sustituto del objeto en forma de caja con las mismas dimensiones globales que éste. Las cajas de contorno sustituyen a los objetos de malla durante el movimiento u otras translaciones, para que el sistema no tenga que volver a dibujar una malla compleja.

Calco. Tipo de duplicado de un objeto, luz, mapa, controlador de animación o cámara, en el que los cambios que sufre uno son adoptados por todos.

Cámara. Es un objeto que se usa para simular la visión de una escena a través de una cámara. En general, estos objetos disponen de controles similares a los de las cámaras reales, como son el campo de visión y la distancia focal.

Campo de visión. El ángulo, expresado en grados, que abarca todo lo que se ve a través de un objetivo o visor de cámara virtual.

Canal. Atributo propio de un material que puede aceptar imágenes o definirse para afectar a la apariencia del objeto al que se aplica el canal. Los canales típicos son: Difusa, Relieve, Opacidad, Brillo y Autoiluminación.

Cara. El área comprendida entre las aristas de un polígono y que forma una superficie de tres o cuatro lados.

Catálogo. Historial dinámico de los cambios realizados en un objeto.

Cinemática directa. El método predeterminado de animación de objetos vinculados, en el que el movimiento del objeto ascendente afecta a todos los descendientes que estén por debajo en la cadena.

Cinemática inversa. Método para controlar objetos vinculados moviendo el último elemento de la cadena jerárquica, lo que hace que el resto de la cadena se mueva en concordancia.

Clave de crominancia. Proceso electrónico que elimina un color oscuro (normalmente azul o verde) para sustituirlo por otra imagen. A menudo, se usa para componer personajes virtuales en entornos virtuales. En algunos casos, se utiliza una señal de video de super negro en lugar de un color visible.

Clon. Método para copiar un objeto. Los objetos pueden clonarse como copias, calcos o referencias.

CMYK. Siglas de Cyan Magenta Yellow Black (cian, magenta, amarillo y negro). Colores de tinta empleados en el proceso de impresión a cuatro colores que, aplicados como puntos, forman imágenes a todo color.

Codec (Compresor / Descompresor). Uno de los muchos métodos para comprimir y reproducir imágenes de video. Los formatos de los archivos de video digital, como AVI y Quick Time, están diseñados para poder ser comprimidos mediante codecs *plug-in*.

Color. El tono de un objeto, determinado por la frecuencia de la luz emitida por el objeto. En gráficos por computadora, el color viene determinado por la combinación de tono, saturación y valor en el modelo HSV o por el nivel de rojo, verde y azul en el modelo RGB.

Composición. Proceso mediante el cual se combinan varios elementos en una misma escena. Hace referencia a la combinación de fotografías estáticas o imágenes rodadas sobre un fondo azul con fondos de gráficos por computadora, o a cualquier otro proceso en el que se combinen imágenes distintas.

Congelar. Comando que deja un objeto visible en la escena, pero impide que sea seleccionado o modificado.

Continuidad. La continuidad determina la tangente del recorrido respecto al punto de control. En el cine, es el proceso de mantener la coherencia de vestuario, acción y demás objetos entre una toma y otra de una escena.

Controlador de animación. Cualquiera de los distintos métodos para crear o modificar las claves de animación o el comportamiento de los objetos. Entre ellos se incluyen TCB, Bézier, audio, ruido y expresión.

Controlador TCB. Siglas de Tension (tensión), Continuity (continuidad) y Bias (alteración). Uno de los métodos más comunes para controlar los puntos de control de los cuadros clave de animación.

Coordenadas cilíndricas. Sistema de coordenadas de mapeado, que envuelve una imagen alrededor de uno de los ejes del objeto hasta que sus extremos se encuentran, como sucede con la etiqueta de una lata de conservas.

Coordenadas de caja. Sistema de coordenadas de mapeado adecuado para los objetos rectangulares. Aplica las coordenadas de imagen en seis direcciones distintas, una para cada superficie del objeto.

Coordenadas de mapeado. Conjunto de coordenadas que especifica la situación, orientación y escala de cualquier textura aplicada a un objeto.

Coordenadas de visión. Sistema de coordenadas que utiliza el visor como base para los ejes X, Y y Z. Los ejes no cambian aunque lo haga la perspectiva del observador en la escena 3D.

Coordenadas esféricas. Sistema de coordenadas de mapeado que envuelve una imagen alrededor de un objeto de manera cilíndrica y luego la cierra por sus partes superior e inferior.

Coordenadas locales. Sistema de coordenadas que utiliza el propio objeto como base para los ejes.

Coordenadas planas. Sistema de coordenadas de mapeado muy adecuado para objetos planos. Aplica un conjunto de coordenadas de imagen rectangulares desde una única dirección.

Coordenadas universales. El sistema de coordenadas fundamental del espacio 3D, que no cambia con la perspectiva del observador.

Coordenadas XY. Sistema normal de coordenadas para imágenes 2D y formas. El eje X es el eje horizontal y el Y es el eje vertical.

Crominancia. El color de un objeto determinado por la frecuencia de la luz que emite o refleja.

Cuadrilátero. Polígono de cuatro lados utilizado comúnmente en los programas de diseño 3D.

Cuadro. En el cine o en la animación, imagen estática que forma parte de una secuencia. También es la parte visible de una escena cuando se observa a través de una cámara o de un visor.

Cuadro clave. Punto definido por el usuario donde acontece un suceso de animación.

Curva de empalme. También llamada borde de radio. Transición en arco entre dos planos o líneas.

Curva de función. Un modo gráfico de mostrar las transformaciones de los objetos u otros parámetros animables.

Curvar. Modificador que deforma un objeto aplicándole una torsión alrededor del eje seleccionado.

Deformación de esqueleto. Técnica de animación de objetos (normalmente personajes) que define y anima un esqueleto interno, que deforma automáticamente la malla a su alrededor.

Deformación por ajuste. Modificador de deformación para un objeto sollevado, con el que se puede definir la forma de un objeto utilizando un perfil de eje X, un perfil de eje Y y una o más secciones cruzadas.

Degradación. La reducción en el detalle de la geometría según sea la velocidad de reproducción en el visor. Cuando hay dificultades para alcanzar la velocidad mínima, el nivel de sombreado del visor se reduce para restaurarla.

Descendiente. Un objeto vinculado a otro que está más cerca del principio de la cadena jerárquica.

Desenfoco de movimiento. Hacer borrosa una imagen u objeto cuando el motivo o la cámara están en movimiento.

Digitalizar. Proceso de transformar imágenes, objetos o sonidos a una forma digital que pueda manejar la computadora.

Dinámica. Sistema utilizado para simular los efectos físicos del mundo real, como gravedad, fricción y colisiones, en una animación por computadora.

Disociar. Operación que desconecta un elemento de un objeto mayor, dando como resultado dos objetos.

Efectos atmosféricos. Efectos que se añaden a una escena y que dependen de la cámara o la iluminación, como, por ejemplo, la niebla o las luces volumétricas.

Efectos de postproducción. También llamados efectos de Video Post y efectos de representación. Este término se refiere a transiciones, manipulaciones del color o efectos especiales aplicados a cuadros de una animación una vez representada.

Efectos especiales. Un efecto en 3D que afecta solo a los objetos enlazados con el efecto y dentro del campo de influencia de éste. Un ejemplo es la explosión de una bomba.

Eje. Línea imaginaria del espacio 3D que define una dirección. Los ejes estándar utilizados en los programas 3D son X, Y y Z.

Eje X. Suele ser el eje horizontal mide anchura, de izquierda a derecha.

Eje Y. Suele ser el eje vertical o de altura, que va de arriba a abajo.

Eje Z. El eje que se asocia normalmente con la profundidad, que va de delante hacia atrás.

Emisor. Forma poligonal sencilla que actúa como punto de origen de las partículas en un sistema de partículas.

Encoger y estirar. Operaciones de escalado modificadas que tratan al objeto como si tuviera volumen. Aplastar un objeto lo hace extenderse alrededor de sus bordes, mientras que estirarlo hace que se estreche por el centro.

Encuadre. Rotación de la cámara de lado a lado alrededor de su eje vertical.

Enlazar vértice. En la spline editable, el comando utilizado para asociar un vértice al punto medio de un segmento de spline. Cuando se mueve el segmento, también lo hace el vértice enlazado.

Entorno. Los efectos de fondo o de atmósfera presentes en la escena.

Escala. Transformación que ajusta el tamaño de un objeto. También es la relación matemática entre el tamaño de un sujeto real y el de su representación en papel.

Excluir. Característica que permite a determinados objetos de una lista no ser afectados por la fuente de luz seleccionada.

Extruir, extrusión. Proceso por el cual una forma en 2D se convierte en un objeto 3D, dotándole de un eje Z de profundidad.

Extrusión de caras. Proceso que toma una cara seleccionada (o varias) y la extruye hacia o desde la posición que ocupa.

Fantasmas. Opción de presentación del visor, que muestra imágenes descoloridas de los objetos animados antes y después del cuadro con el que se está trabajando, para ver de dónde viene el objeto y hacia dónde va en la animación.

Filtro. Proceso de Video Post que aplica técnicas de procesamiento de imagen a la representación final.

Forma. Conjunto de una o más splines combinadas para formar un solo objeto.

Forma cerrada. Forma que tiene un lado interior y un lado exterior, separados por un borde o arista.

Formato de archivo. La manera en que los datos se organizan en un archivo de computadora. Los formatos de archivo para imágenes más usuales son BMP, PICT, y TGA. Los formatos más comunes para 3D son, entre otros, 3DS, DXF y OBJ.

Geometría. Término general para los objetos 3D.

Grupo. Permite seleccionar un conjunto de objetos relacionados y combinarlos temporalmente para formar un todo.

Historial. Registro de todos los modificadores y parámetros aplicados a un objeto. También se le llama catálogo.

Iluminación predeterminada. La iluminación con la que se comienza a trabajar, que permite realizar una representación sin haber definido una fuente de luz.

Incluir. Opción de fuente de luz que permite seleccionar una lista de objetos a los que afectara una determinada luz. El resto de objetos de la escena son pasados por alto.

Intensidad. Medida de brillo de una fuente de luz.

Línea de tiempo. Interfaz en forma de gráfico para ver y manipular los sucesos de animación.

Lustre. La característica de reflexión general del objeto, su pulido.

Luz ambiental. En teoría, el efecto acumulativo de todas las luces rebotando sobre todos los objetos de una determinada zona. Generalmente se configura como un valor global que ilumina todos los objetos de la escena por igual.

Luz de foco. Fuente de luz direccional que irradia luz desde un solo punto a lo largo de un cono o pirámide definidos por el usuario.

Luz direccional. También llamada luz distante. Fuente de iluminación virtual que simula fuentes de luz muy alejadas, como el sol. Proyecta la luz a lo largo de un solo eje y todos los rayos (y también las sombras) son paralelos.

Malla. Término coloquial que designa un objeto o escena en 3D, utilizado porque recuerdan a una escultura de malla de alambre.

Mapa. Una imagen de mapa de bits, ya sea digitalizada o pintada, que da al material una calidad que no se consigue simplemente cambiando los atributos de su superficie. También se puede referir a mapas procedimentales.

Mapa de bits. Imagen codificada como una serie de puntos o píxeles. Ejemplos de formatos de archivo para los mapas de bits pueden ser TIF, Targa, JPEG y GIF.

Mapa de relieve. Imagen en escala de grises que altera la apariencia de una superficie manipulando sus normales.

Mapa de textura. Una imagen de mapa de bits, ya sea digitalizada o pintada, que dota al material de unas cualidades que no se podrían obtener simplemente cambiando los atributos de superficie.

Mapeado. El proceso de desarrollar atributos de material y asignárselos a un objeto.

Máscara. Elemento en blanco y negro o en escala de grises utilizado para evitar que determinadas áreas de la imagen se vean afectadas por un determinado proceso.

Material. Término que abarca todas las imágenes y atributos que se pueden asignar a la superficie de un objeto.

Matización. Proceso por el que se reduce el número de colores en una imagen, tratando de mantener la máxima calidad de imagen.

Matriz. Un conjunto o patrón de objetos extrapolados a partir de un único objeto o un grupo de objetos. Suelen ser lineales o radiales, pero también puede ser tridimensionales.

Modelado de correctores. Modelado que utiliza una red de puntos de control para definir y modificar la forma del corrector, que suele ser una celosía de Splines o polígonos.

Modelado paramétrico. Sistema de modelado en el que los objetos conservan la información sobre su geometría básica y se pueden modificar a voluntad alterando los parámetros que la definen.

Modelado poligonal. El tipo básico de modelado en 3D, en el que todos los objetos se definen como grupos de polígonos.

Modismo. Técnica de animación en 2D o 3D que hace que una imagen o forma se transforme suavemente en otra.

Mosaico. Técnica de repetir una imagen hasta cubrir un área de mayor tamaño.

Multicapa. Tipo de material que permite superponer dos realces especulares en la superficie de un objeto.

NTSC. Formato de video estándar para los Estados Unidos, cuya velocidad de imagen son 29,97 cuadros por segundo.

NURBS (B-Spline racional no uniforme). Tipo de spline que tiene puntos de control situados en la curva resultante o fuera de ella. Las curvas se pueden utilizar para formar superficies, que también se pueden manejar con puntos de control.

NURMS (Suavizado de malla racional no uniforme). Tipo de suavizado que permite obtener objetos mucho más refinados.

Objetivo. Ayuda de posicionamiento que permite ver en cualquier visor hacia dónde esta apuntando una cámara o luz.

Objetos. Mallas individuales de una escena con un nombre distintivo.

Opacidad. El grado en el que los rayos de luz no pueden penetrar en un objeto.

Operaciones booleanas. Unen o sustraen un objeto de otro, utilizado generalmente para modificar la forma de los objetos o "practicar agujeros" en ellos.

Operando. Objeto o forma utilizados en una operación booleana.

Oscilación. Tipo de deformación de solevación que hace rotar a la sección transversal del objeto alrededor de los ejes X o Y perpendiculares al recorrido.

PAL. El formato de video estándar europeo.

Paleta. Conjunto completo de colores utilizados o disponibles para ser utilizados en una imagen. Normalmente se refiere a imágenes con 256 o menos colores.

Parcial. Método de selección de objetos mediante una región, círculo o polígono. Todos los objetos dentro de la región o que toquen sus límites quedan seleccionados.

Pasos. El número de vértices adicionales generados entre los puntos de control de una spline o entre los vértices ya definidos de una polilínea.

Pegatina. Imagen que puede ser escalada y movida sobre la superficie de un objeto independientemente de cualquier otro mapa de textura.

Peralte. La rotación o rodaje que puede realizar un objeto o cámara al tomar una curva cuando se mueve sobre un recorrido. Simula el efecto de la fuerza centrífuga sobre un objeto del mundo real al girar.

Pixel. La unidad más pequeña de gráfico que genera un adaptador de video, normalmente del tamaño de un punto. Pueden ser de casi cualquier color, según la capacidad del adaptador.

Plano de recorte. También llamado plano de visión. Una superficie de corte definida por el usuario que hace invisible lo que cae en el lado de la cámara durante la representación.

Plano de visión. Plano que rodea el punto de visión en ángulo perpendicular. Es un panel plano imaginario que define los límites del campo de visión.

Plug-in. Los plug-ins son un método popular de añadir capacidades a los productos sin necesidad de generar una nueva versión del programa.

Polígono. Forma cerrada con tres o más lados. También se refiere a dos caras con un lado en común que son tratadas como una sola cara. A veces se le llama cuadrilátero.

Polilínea. Línea con más de un segmento (por lo menos tres vértices).

Primitiva. Cualquiera de las formas geométricas tridimensionales básicas, como cubos, esferas, conos y cilindros.

Profundidad de campo. La parte de una imagen que está bien enfocada. En fotografía, la profundidad de campo se controla mediante la abertura. En los gráficos 3D, la profundidad de campo suele ser infinita, pero se puede controlar utilizando filtros de imagen de Video Post.

Profundidad del color. La cantidad de información utilizada para mostrar un solo píxel en una imagen, expresada en bits. Por ejemplo, una imagen de 8 bits contiene 256 colores o niveles de gris.

Programa de dibujo 3D. Programa o plug-in que permite pintar mapas de textura o materiales directamente sobre la superficie del objeto.

Punto. En el espacio en 3D, la menor área que es posible "ocupar". Cada punto está definido por un conjunto único de tres números, llamados coordenadas.

Punto central. El centro geométrico de un objeto, el centro del sistema de coordenadas o el centro de un conjunto de selección.

Punto de origen. El punto central del universo del ciberespacio, donde se juntan los ejes centrales. Se identifica con las coordenadas 0,0,0.

Punto de pivote. Centro de rotación de un objeto definido por el usuario; a menudo es el punto donde se juntan los tres ejes.

Punto de tangente. También llamado peso. La parte del sistema de control de una spline que actúa como un imán, atrayendo a la Spline hacia sí.

Punto de vista. Posición dentro o alrededor del ciberespacio que representa la situación del observador.

Punto luminoso. La parte o rango de una fuente de luz configurada a la máxima intensidad.

Puntos por pulgada (DPI). Resolución expresada en número de puntos o píxeles que el dispositivo puede presentar en una pulgada. Una impresora láser corriente tiene una resolución de 300 dpi.

Radiosidad. La propiedad por la que la luz que se refleja en un objeto sigue iluminando también otros objetos. También es un método de representación que tiene en cuenta el color y la forma de todas las superficies de la escena al calcular el nivel de iluminación y que produce imágenes de calidad casi fotográfica.

Reactivo. Controlador de animación que permite que los objetos de la escena respondan a las acciones de otros objetos de la escena.

Realce especular. Las reflexiones brillantes de la luz en objetos pulidos, en los niveles de sombreado Phong o superiores.

Rebasar. Técnica que convierte una luz de foco en una luz puntual, pero que solo proyecta sombras en las áreas definidas por las regiones de Punto luminoso y Atenuación.

Recorrido de movimiento. Spline que representa el recorrido de un objeto, utilizado como referencia al hacer ajustes en la animación.

Reflexión interna. Conjunto de círculos brillantes y rayos que se ven cuando el objetivo de la cámara apunta al sol o a otra fuente de luz brillante.

Refracción. La curvatura de las ondas luminosas cuando se mueven a través de distintos tipos de material.

Relación de tamaño. La relación entre la anchura y la altura de una imagen, expresada como cociente decimal. Se calcula dividiendo la anchura por la altura; por ejemplo, una imagen de 4cm por 3cm tendría una relación de tamaño de 1,3333.

Representación. El proceso por el cual la computadora interpreta toda la información sobre objetos y luces y crea una imagen acabada desde el visor elegido. La imagen resultante puede ser o una imagen estática o un cuadro de una secuencia de animación.

Resplandor. Efecto de Video Post o de representación que crea un aura suave de luz alrededor de los materiales y objetos seleccionados.

Restricción. Limitación en el movimiento de un objeto, en la cinemática inversa, para hacer que se comporte como una articulación real.

Retoque digital. Proceso mediante el cual se modifican imágenes estáticas o fotografías mediante programas de dibujo 2D.

RGB rojo (Red), verde (Green), azul (Blue). Los tres colores primarios del modelo de color aditivo (luz directa). Los monitores varían los niveles de brillo de los píxeles rojos, verdes y azules, para crear todo el abanico de colores que pueden mostrar.

Rodaje. Rotación de la cámara alrededor de su eje de visión, con lo que la escena parece girar.

Rotar. Transformación que hace girar un objeto alrededor del eje seleccionado.

Rotoscopia. Proceso de añadir película o video a la animación, ya sea como elemento final o como referencia para personajes animados.

Ruido. Variaciones aleatorias aplicadas a materiales, colores o parámetros de animación para conseguir un aspecto o movimiento más naturales.

Saturación. También llamada intensidad, mide la concentración del color. Un rojo totalmente saturado, por ejemplo, no puede ser más rojo de lo que es, mientras que un rojo con un valor bajo de saturación comienza a volverse gris.

Segmento. Paso o división de un objeto, similar al modo en que los edificios están divididos en pisos.

Sesgar. Transformación que hace que un lado de un objeto vaya en una dirección a lo largo del eje seleccionado y el otro lado en la dirección contraria.

Simetría. Transformación que muestra el reverso de un objeto o copia una versión de éste al revés, a lo largo de un determinado eje.

Sistema de coordenadas. Conjuntos de dos o tres números que utiliza un sistema de cuadrícula para identificar un determinado punto del espacio.

Sistema de coordenadas de referencia. El sistema de coordenadas respecto del cual se realizan las transformaciones, como universal, pantalla o local. Lo selecciona el usuario.

Sistema de partículas. Sistema de animación que permite generar y controlar el comportamiento de un gran número de objetos diminutos. Utilizado para simular efectos de la naturaleza como agua, fuego, chispas o burbujas.

SMPTE. Siglas de *Society of Motion Picture and Television Engineers* (Asociación de ingenieros de cine y televisión). En video y en gráficos 3D, es un formato temporal compuesto por minutos, segundos y cuadros (50:37:15 significa 50 minutos, 37 segundos y 15 cuadros).

Soldar. Operación que une los vértices superpuestos de formas u objetos.

Sombreado Phong. Método de sombreado que conserva la suavidad del modo *Gouraud*, pero añade realces especulares para aumentar el realismo.

Sombreado plano. Modo de presentación o representación que muestra la superficie y el color del objeto de forma facetada, ya que los polígonos no están suavizados.

Spline. Una línea, normalmente curva, definida por puntos de control. Entre los tipos corrientes de splines podemos citar Bézier, B-Spline y NURBS entre los tipos corrientes de splines.

Spline Bézier. Tipo de spline cuyos puntos de control siempre se sitúan en la curva resultante. De los puntos de control salen los puntos de tangente, con los que se puede modificar la curva sin mover los puntos de control.

Storyboard. Proceso de visualización de una película o animación, dividiéndola en secuencias dibujadas que ilustran los movimientos claves para la escena.

Strauss. Modo de sombreado adecuado para simular materiales metálicos.

Subobjetos. Elementos pequeños que se combinan para formar uno mayor. Por ejemplo, vértices, caras y bordes son subobjetos de la geometría de mallas.

Suceso de VP. Elemento de la cola de Video Post. Puede tratarse de vistas de escena, imágenes de entrada, filtros, elementos de composición u operaciones de salida.

Súpermuestreo. Método de alisación para materiales que contienen mapas de bits. El súpermuestrado ofrece más control sobre la alisación, al procesar los píxeles circundantes de la imagen representada.

Temperatura del color. Valor, en grados Kelvin, utilizado para diferenciar entre colores cercanos al blanco o espectros de luz.

Tensión. En un controlador TCB, la cantidad de curvatura que el cuadro clave permite en el recorrido, antes y después de él.

Teselado. Proceso de aumentar el número de caras en un área determinada, dividiendo las caras existentes.

Textura animada. Archivo de video o animación utilizado en lugar de imágenes estáticas como mapa de textura, lo que hace que la textura de un objeto cambie durante un determinado rango de tiempo al representar la escena.

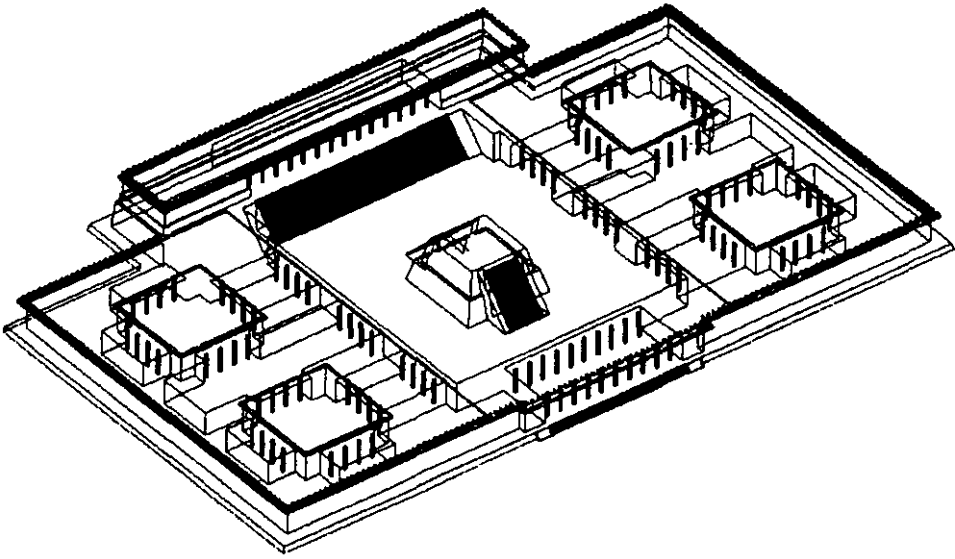
Textura procedimental. Textura definida matemáticamente y que simula madera, mármol y otros materiales, pero no suele parecer tan realista como las imágenes digitalizadas.

Torcer. Transformación que retuerce un objeto alrededor del eje seleccionado.

Tornear. Proceso de hacer girar una forma 2D alrededor de un eje, extruyéndola en pequeños pases mientras esta rotando.

Transformación. Término general para cualquier operación que altere la posición, tamaño o forma de un objeto. Las mas corrientes son Mover, Escalar y Rotar.

Bibliografía



BIBLIOGRAFÍA.

Libros:

- Gráficas por Computadora.
Donald Hearn y M. Pauline Baker
Prentice Hall Hispanoamérica, S.A.
- 3D Studio Max Versión 2.5 / 3.0.
Javier Bootello Burgos e Ignacio Thomas-Tejedor.
Ediciones Anaya Multimedia.
- Gráficos Animados por Computadora.
David Fox y Mitchell Waite.
Editorial Byte Boons / McGraw Hill.
- Inside 3D Studio Max.
Volume I.
By Steven Elliot and Phillip Miller.
Edit New Riders, Indianapolis, Indiana.
- Inside 3D Studio Max.
Volume II. Advanced Modeling and Materials.
By Dave Espinosa Aguilar, Eric Peterson, etc.
Edit New Riders, Indianapolis, Indiana.
- Inside 3D Studio Max.
Volume III. Animation.
By George Maestri, Sanford Kennedy, etc.
Edit New Riders, Indianapolis, Indiana.
- Azteca Gary Jennings.
Grandes Éxitos, 8.
Traducción: María de los Ángeles Correa.
RBA Editores.
- El Templo Mayor de México.
Ignacio Marquina.
Instituto Nacional de Antropología e Historia, 1960.

Revistas:

- Arqueología Mexicana.
Tenochtitlan.
Octubre - Noviembre de 1993.
Volumen I . – Número 4.
Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Arqueología Mexicana.
Investigaciones Recientes en el Templo Mayor.
Mayo - Junio de 1998.
Volumen VI. – Número 31.
Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Páginas Web:

<http://www.3dgate.com>
<http://www.inah.gob.mx>
<http://max3d.com>
<http://www.grsites.com/textures>
<http://www.aw.sgi.com/winmaya/index.html>
<http://www.highend3d.com/maya/tutorials>
<http://www.inf.udec.cl/~cgraf>
<http://habitantes.elsitio.com/clasegra>

Galería de Color.

