técnicas avanzadas de gráficos

ingeniería multimedia

Seminario 1

Introducción a los motores gráficos

Departamento de Ciencia de la Computación e Inteligencia Artificial
Universidad de Alicante

¿Qué es un motor gráfico?

¿Qué es un motor gráfico para ti?

¿Qué es un motor gráfico?

- Motor gráfico: sistema formado por:
  - Hardware que ejecuta las tareas de procesamiento gráfico: GPU o tarjeta aceleradora de gráficos
  - Software que acepta comandos de una aplicación y construye imágenes y texto que se dirigen a la salida y a la tarjeta gráfica
- Para nosotros:
  - Conjunto de funciones, tipos de datos, configuraciones y optimizaciones de hardware y otros elementos para facilitar el desarrollo de aplicaciones gráficas (en 3D).

¿Qué es un motor gráfico?

- Otros nombres
  - Librería gráfica
  - API gráfico
  - Motor de juegos
  - Motor 3D

¿Son equivalentes?

¿Qué es un motor gráfico?

- Problemática principal:
  - La representación de un mundo 3D sobre un plano 2D hace necesarias las PROYECCIONES
  - Necesidad de métodos para añadir REALISMO
  - Para juegos es necesario TIEMPO REAL

¿Qué sabemos de gráficos?

¿Qué conceptos de gráficos conoces?

Vértices

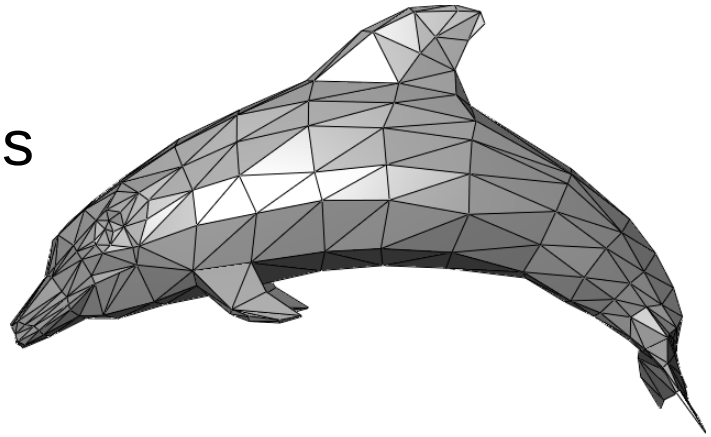
- Elemento clave en un sistema gráfico 3D: lugar geométrico exacto, sin volumen, área o longitud
  - En el espacio cartesiano 3D viene representado por tres valores (***x,y,z***)
  - En Gráficos, suele utilizarse una cuarta componente: (***x,y,z,w***)
    - ***w*** está relacionada con el uso de coordenadas homogéneas
    - Indica un factor de escala, por eso suele omitirse cuando vale 1
- En los sistemas gráficos poligonales (la mayoría) todos las demás figuras geométricas se forman a partir de vértices (geométricamente puntos)

Polígonos

- Figura geométrica plana, cerrada, limitada por segmentos rectos consecutivos no alineados, trazados entre los vértices y que llamaremos aristas
- Todo polígono tiene al menos 3 vértices
- Un polígono con 3 vértices tiene sus vértices coplanares, es decir, definen un plano
- Dados tres vértices V_1, V_2, V_3, podemos definir:
  - Normal al plano: $N=(N_x,N_y,N_z)=(V_2-V_1)x(V_3-V_1)$, es decir,
    $N=Det[V_2-V_1,V_3-V_1,(i,j,k)]$
  - Ecuación implícita del plano $Ax+By+Cz+D=0$ donde
    $A=Nx$
    $B=Ny$
    $C=Nz$
    D se obtiene despejando en la ecuación

Mallas

- Conjunto de vértices, aristas y polígonos que definen la forma de un objeto poliédrico en 3D
- Los polígonos puedes ser:
  - Triángulos
  - Cuadriláteros
  - Otros polígonos convexos



Transformaciones

- Mecanismo para alterar las las coordenadas de los puntos 3D y, en consecuencia, de las figuras geométricas
- Se definen mediante matrices cuadradas 4x4 que se multiplican por el punto para obtener un nuevo punto transformado
- Aunque los puntos sean 3D, se añade una cuarta componente (coordenadas homogéneas): $(x,y,z) \rightarrow (x,y,z,1)$
- De esta manera, cualquier transformación se puede definir mediante la composición (producto) de matrices de transformación más simples:

$$P' = T_n \cdot ... (T_3 \cdot (T_2 \cdot (T_1 \cdot P))) = (T_n \cdot \ldots \cdot T_3 \cdot T_2 \cdot T_1) \cdot P$$

- Transformaciones básicas
  - Traslación
  - Rotación
  - Escalado
- La composición de transformaciones es:
  - Asociativa
  - No conmutativa en general

Transformaciones

$T(t_x,t_y,t_z)$ = Traslación

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & t_x \\ 0 & 1 & 0 & t_y \\ 0 & 0 & 1 & t_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} . \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix}$$

$S(s_x,s_y,s_z)$ = Escalado

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

$R_x(\theta)$, $R_y(\theta)$, $R_z(\theta)$ = Rotación un ángulo θ alrededor de los ejes

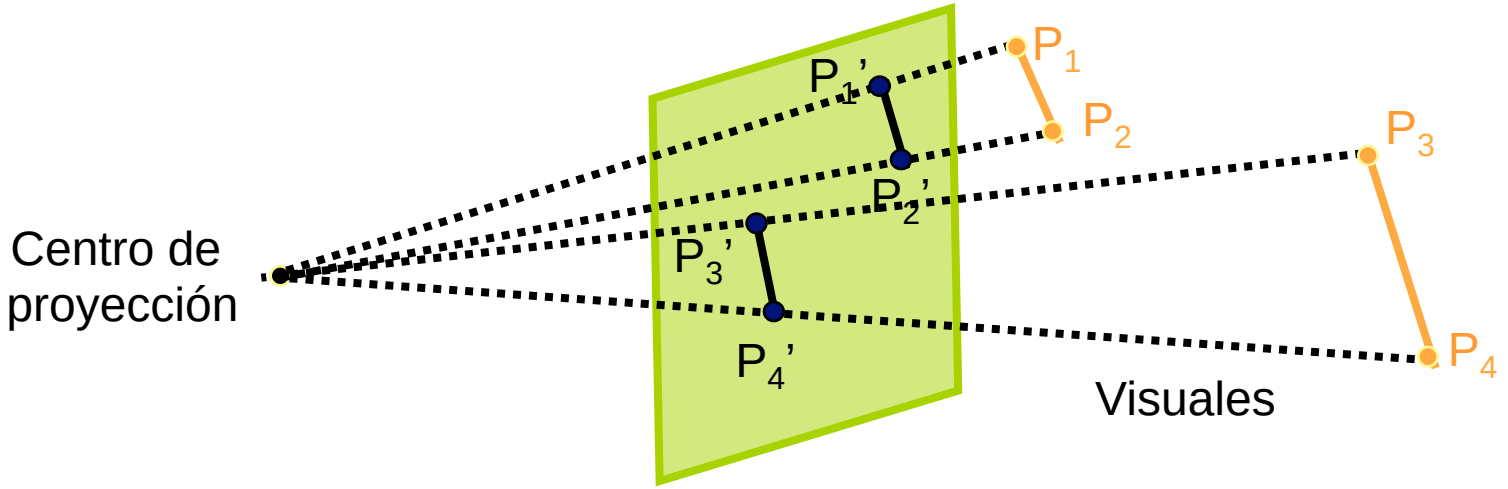
$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\theta & -\operatorname{sen}\theta & 0 \\ 0 & \operatorname{sen}\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} . \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix}$$

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

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

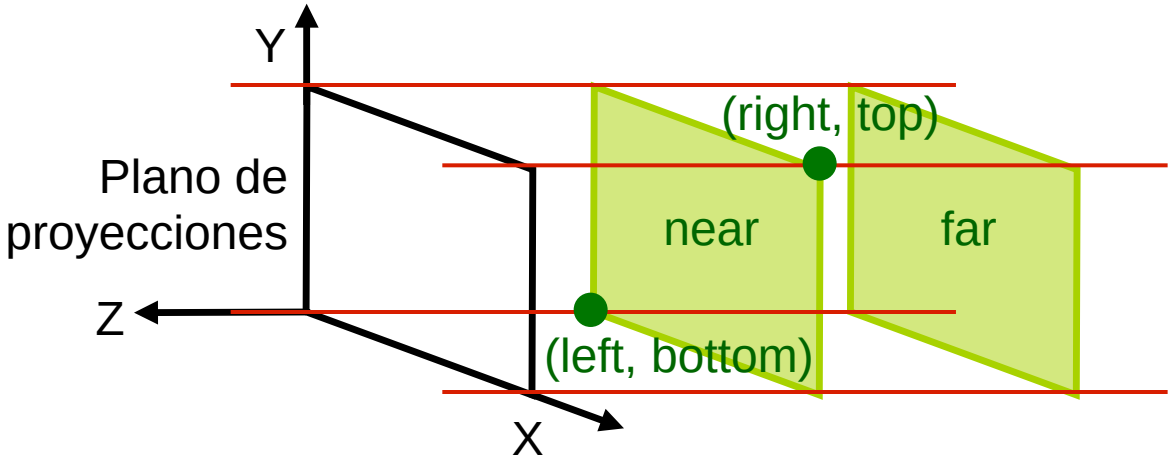
Proyecciones

- Proyección: tipo especial de transformación que permite representar los objetos 3D en un plano 2D (plano de proyección)
- Procedimiento básico:
  - Trazar rectas (visuales) desde un punto (centro de proyección) a los puntos del objeto
  - Intersectar cada visual con el plano de proyección



Proyecciones paralelas

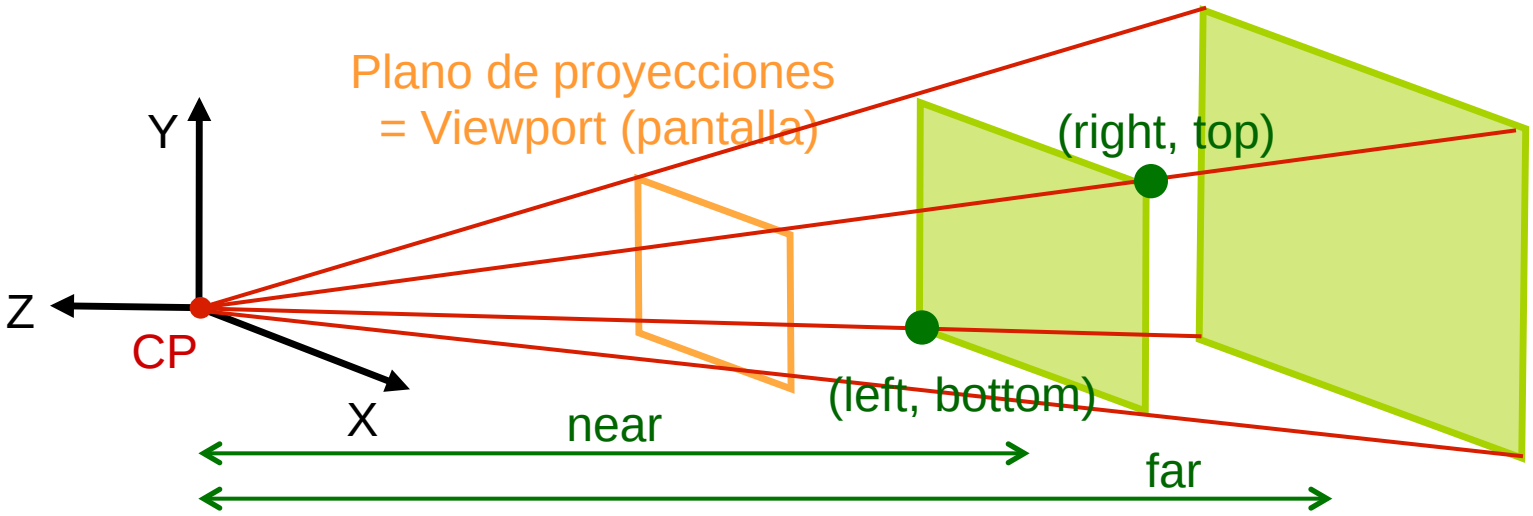
Centro de proyección infinito → Visuales paralelas



$$P_{orthogonal} = \begin{bmatrix} \frac{2}{right-left} & 0 & 0 & -\frac{right+left}{right-left} \\ 0 & \frac{2}{top-bottom} & 0 & -\frac{top+bottom}{top-bottom} \\ 0 & 0 & \frac{2}{near-far} & -\frac{far+near}{far-near} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Proyecciones perspectivas

Centro de proyección finito → Visuales convergen en CP



$$P_{perspective} = \begin{bmatrix} \frac{2 \cdot near}{right - left} & 0 & \frac{right + left}{right - left} & 0 \\ 0 & \frac{2 \cdot near}{top - bottom} & \frac{top + bottom}{top - bottom} & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{far + near}{far - near} & -\frac{2 \cdot far \cdot near}{far - near} \\ 0 & 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

¿Qué es el pipeline?

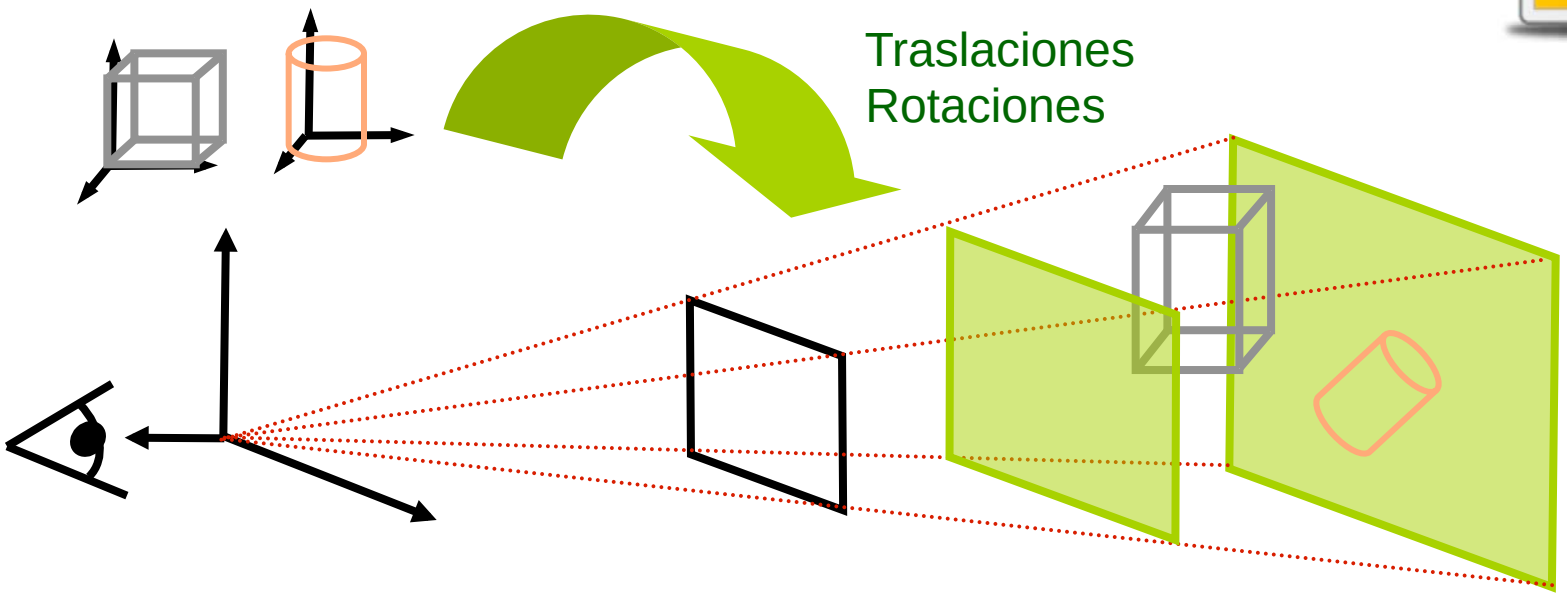
¿Qué es el pipeline o tubería 3D?

Pipeline

- **Tubería o pipeline 3D**: proceso que siguen los datos geométricos para obtener una representación 2D realista de los datos 3D
- Las operaciones básicas para reducir una dimensión son:
  - Transformaciones geométricas básicas:
    - Traslación
    - Escalado
    - Rotación
  - Proyecciones

Pipeline

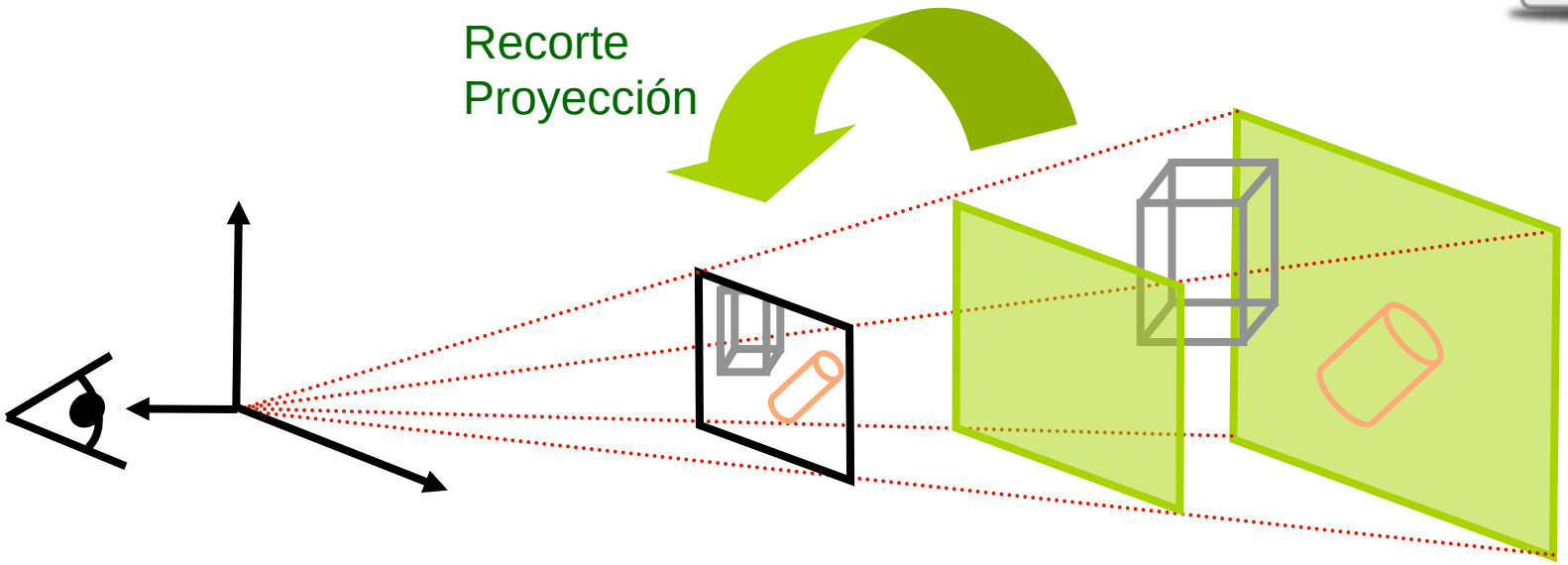

recuerda


Traslaciones
Rotaciones


Coordenadas del modelo
Transformación de vista de modelo
Coordenadas de vista (observador)
Transformación de proyección
Coordenadas de proyección (2D)
Transformación de dispositivo
Coordenadas de dispositivo

Pipeline

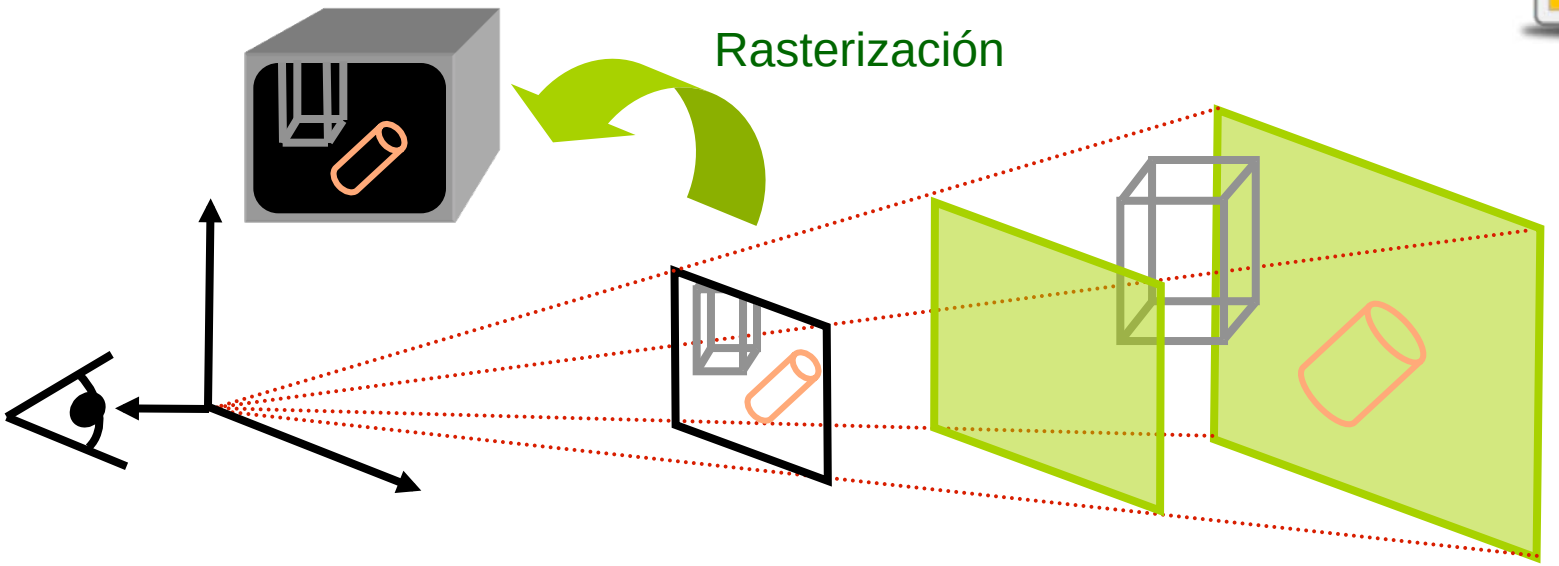

recuerda


Recorte
Proyección


Coordenadas del modelo
Transformación de vista de modelo
Coordenadas de vista (observador)
Transformación de proyección
Coordenadas de proyección (2D)
Transformación de dispositivo
Coordenadas de dispositivo

Pipeline

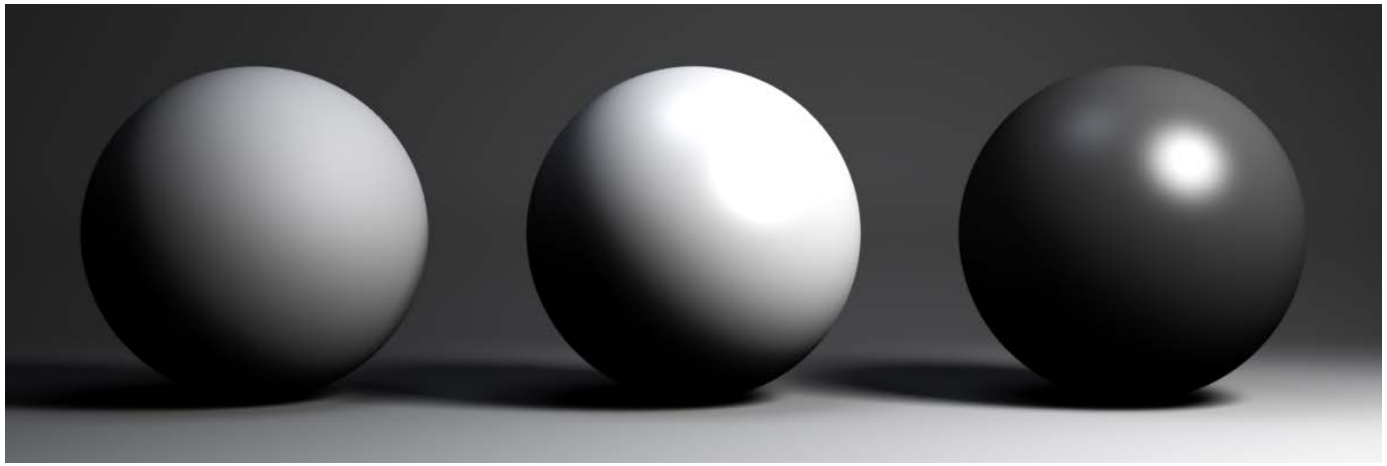

recuerda


Rasterización


Coordenadas del modelo
Transformación de vista de modelo
Coordenadas de vista (observador)
Transformación de proyección
Coordenadas de proyección (2D)
Transformación de dispositivo
Coordenadas de dispositivo

Atributos: materiales

- Material
  - Color
  - Transparencia
  - Reflexión difusa
  - Reflexión especular
- Normales
- Modelo de reflexión
  - Phong
  - Blinn …

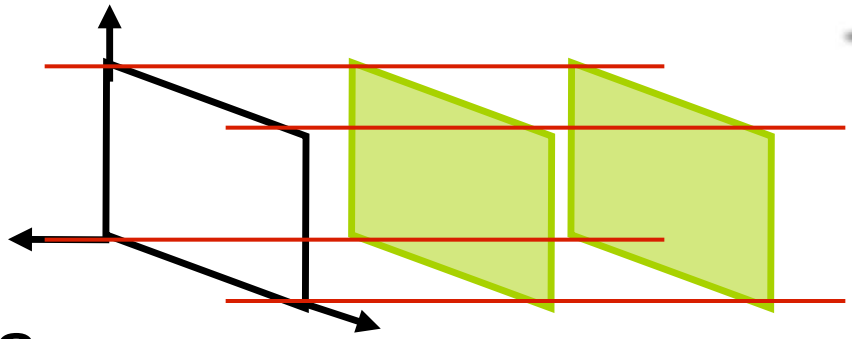


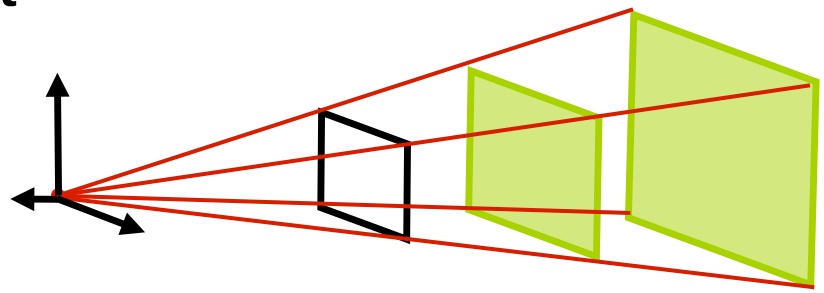
Atributos: texturas

- Texturas
  - Mapeado de texturas (texture mapping)
  - Mapeado del entorno (environment mapping)
  - Texturas sólidas (solid textures)
  - Texturas por normales (bump mapping)

Cámara

- Proyección
  - Paralela
  - Perspectiva
- Atributos cámara
  - Posición
  - Orientación
  - Enfoque
  - Zoom
  - Amplitud de campo

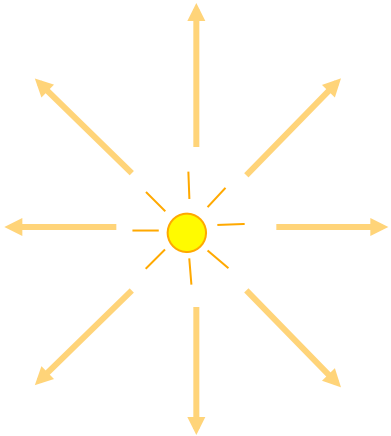


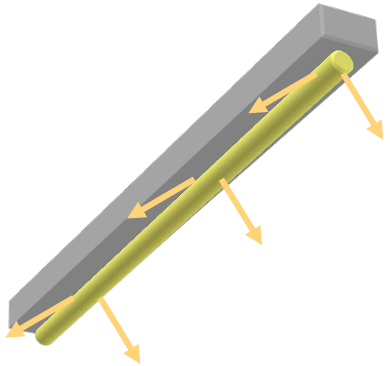


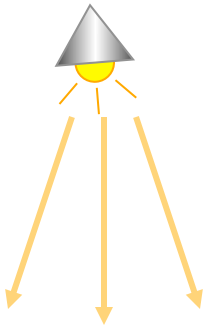
Volumen de recorte (frustrum)

Luces

- Tipo de luz
  - Puntual
  - Distribuida
  - Dirigida
- Atributos
  - Color
  - Intensidad
  - Posición
  - Atenuación
  - Dirección (si es dirigida)
  - Forma (si es distribuida)

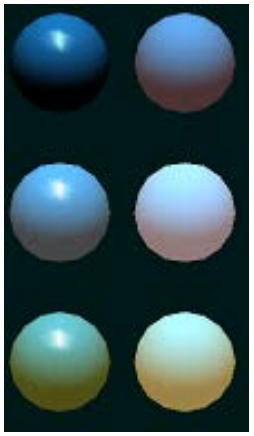


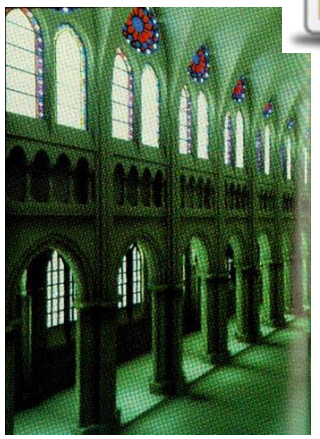




Render

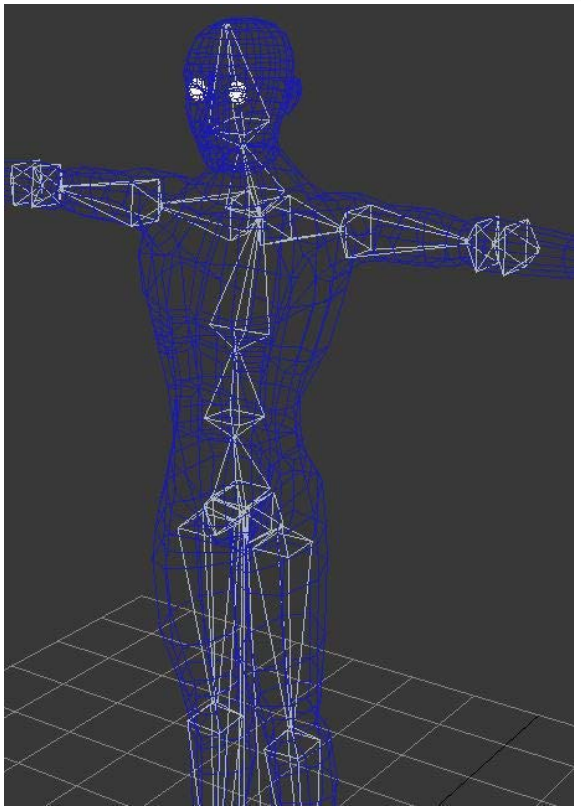
- Algoritmo del pintor
- Z-buffer
- Trazado de rayos (Raytracing)
- Radiosidad (Radiosity)
- Mejora del rendimiento
  - Recortado (clipping)
  - Eliminación de caras ocultas (backface culling)
  - Utilización de doble buffer
  - Vertex shaders + pixel shaders
- Shading
  - Plano (flat)
  - Gouraud
  - Phong





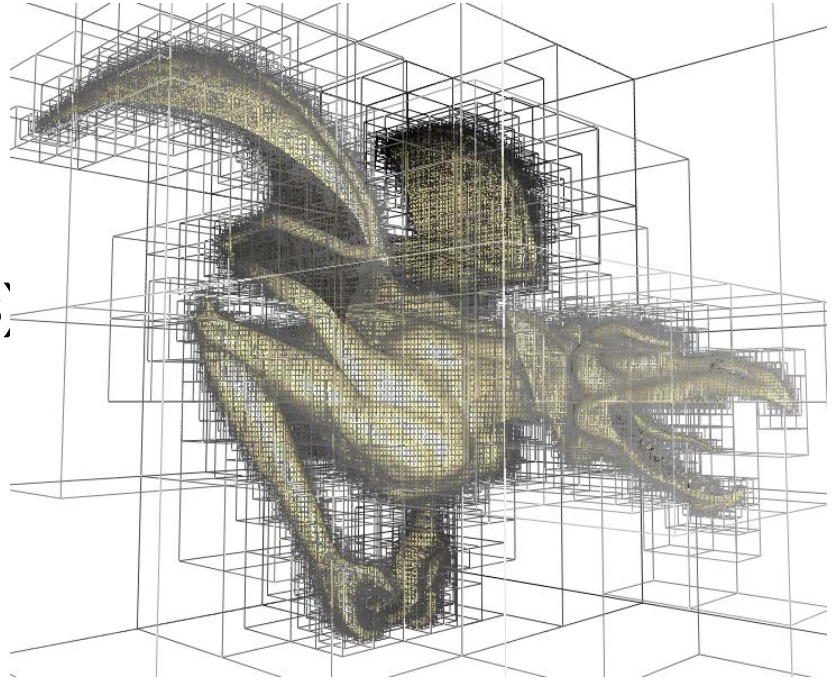
Animación

- Animación de modelos
- Animación por interpolación
- Animación de estructuras articuladas
- Animación de objetos blandos
- Animación por sistemas de partículas



Más

- Estructuras
  - Volúmenes envolventes
  - Arboles octales (octrees)
  - Arboles BSP
  - Grafos
  - Niveles de detalle (LODs)
- Funciones
  - Intersecciones
  - Colisiones
  - Visibilidad
  - Iluminación y render
  - Carga y movimiento



¿Cómo organizamos todo esto?

¿Cómo organizamos todo esto para construir un motor gráfico?

¿Qué nos proporciona un motor ?

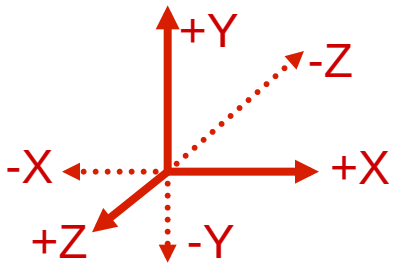
- Estructura de datos para almacenar los objetos de la escena y sus relaciones
- Funciones para importar datos de otros programas (modelos, texturas…)
- Funciones y estructuras de datos para implementar la tubería 3D
- Interfaz, para facilitar y optimizar la visualización y el acceso a la tarjeta gráfica

Pero eso ¿no lo hace ya OpenGL?

¿Es OpenGL un motor gráfico?

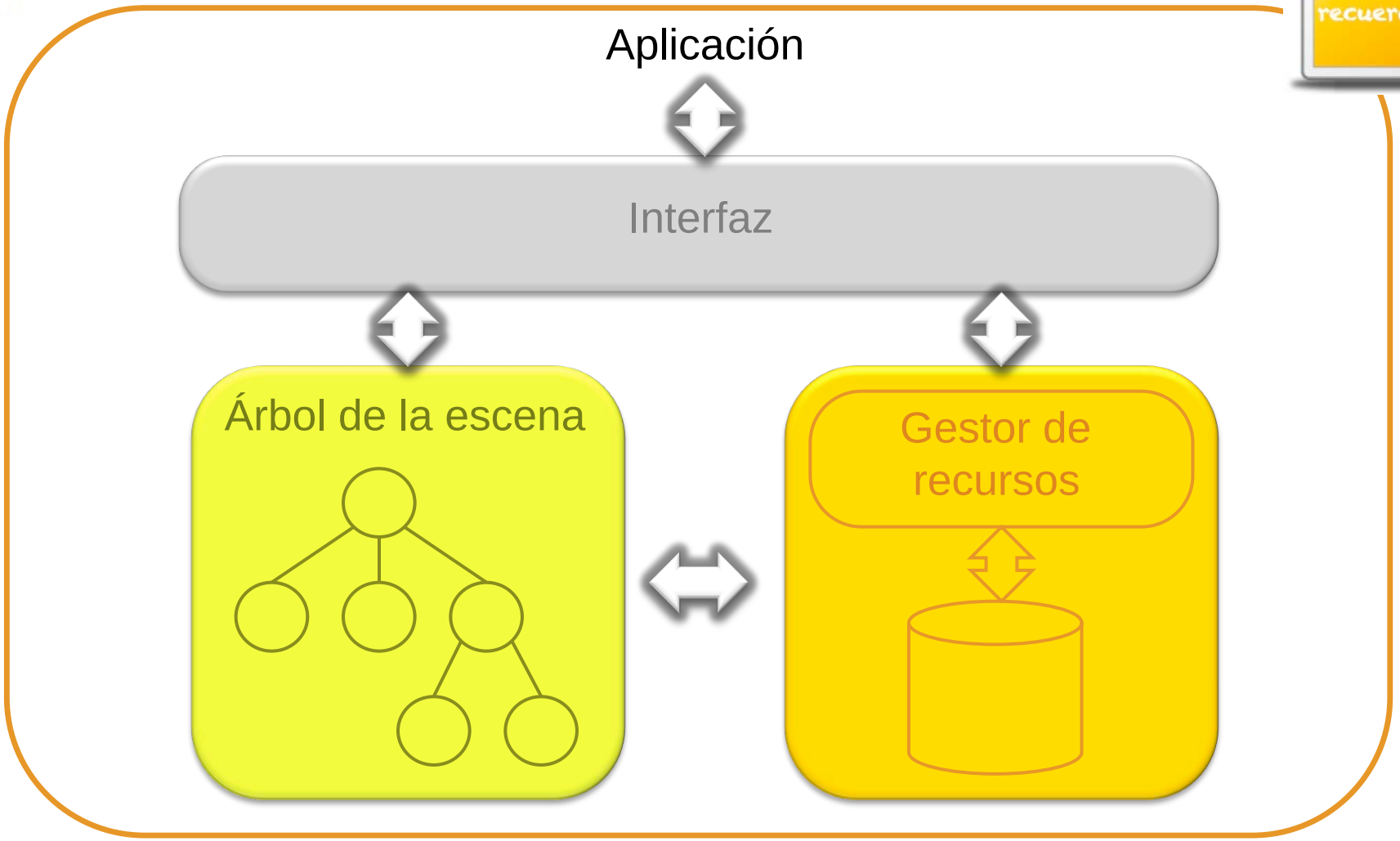
Nuestro motor gráfico: TAGengine

- Motor orientado a objetos en C++ (u otro lenguaje OO)
- No implementaremos la visualización: la hará OpenGL (u otra librería gráfica)
- Utilizaremos el sistema de coordenadas y la mayoría de las convenciones gráficas de OpenGL: Dextrógiro



TAGengine


recuerda


Aplicación
Interfaz
Árbol de la escena
Gestor de recursos