

Síntesis realista de imágenes

Jornadas sobre Informática Gráfica

UJI

Roberto Vivó

Sección de Informática Gráfica UPV

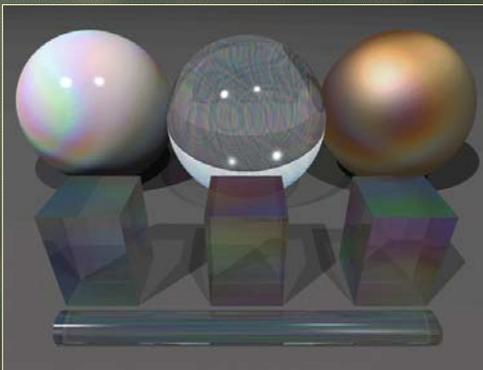
¿Síntesis? ¿Realismo?

- Iluminación de escenas sintéticas
- Luz, objetos y observador
- ¿Qué es un modelo de iluminación?
- Modelos simples locales
- Trazado de rayos
- Radiosidad
- Modelos híbridos

2

Iluminación de escenas sintéticas

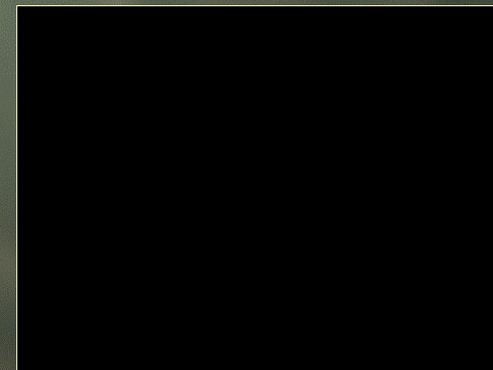
- Esto es una escena iluminada



3

Iluminación de escenas

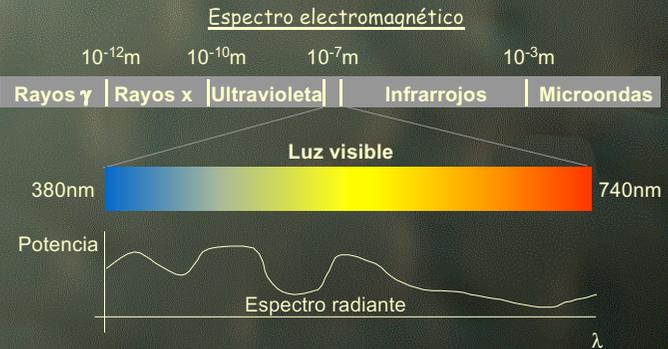
- Y esto es la misma escena sin iluminar



4

Luz, objetos y observador

■ La luz



5

Luz, objetos y observador

■ Los objetos



geometría

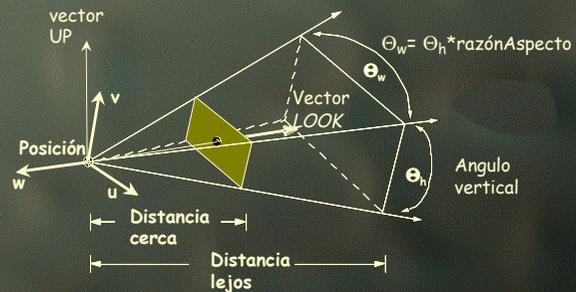
reflectancia

textura

6

Luz, objetos y observador

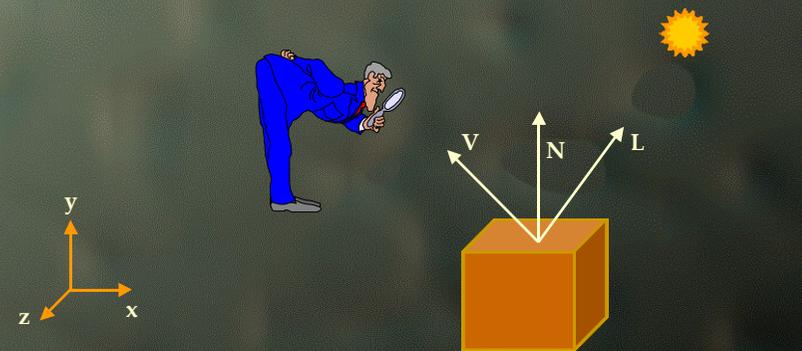
■ El observador



7

Luz, objetos y observador

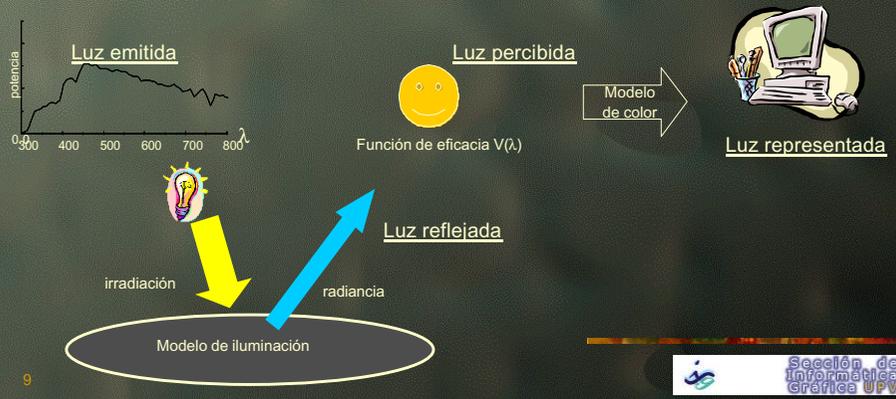
■ Todo junto: escena



8

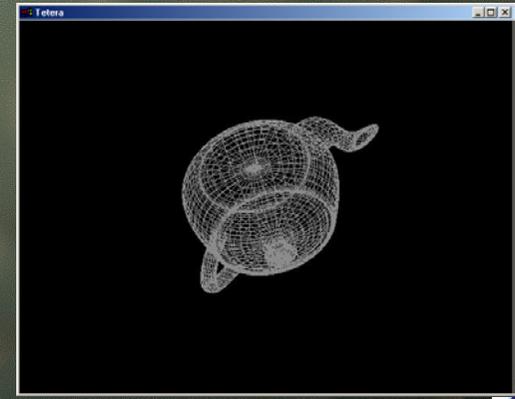
Luz, objetos y observador

- Este es el proceso ...



Luz, objetos y observador

- Y este el resultado ...



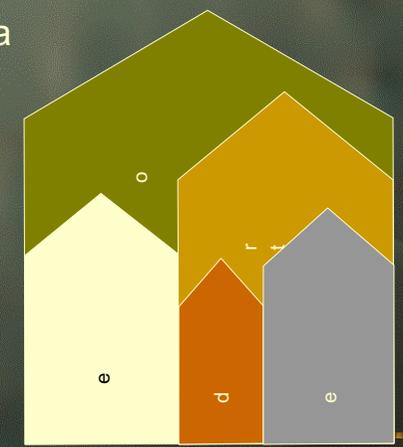
¿Qué es un modelo de iluminación?

- Es una función que nos devuelve la radiancia observada en un punto desde otro punto del espacio 3D.

$$I = f(\lambda, x, p_v, \{O\}, \{F\})$$

¿Qué es un modelo de iluminación?

- Radiancia



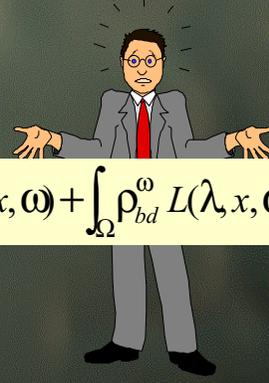
¿Qué es un modelo de iluminación?

- Modelo completo:
 - Función de distribución de emitancia direccional (DEDF)
 - Función de distribución de la reflectancia bidireccional (BRDF)
 - Función de distribución de la transmitancia bidireccional (BTDF)

13

¿Qué es un modelo de iluminación?

- Ecuación general de iluminación


$$L(\lambda, x, \omega) = L_e(\lambda, x, \omega) + \int_{\Omega} \rho_{bd}^{\omega} L(\lambda, x, \omega_i) + \int_{\Omega} \rho_{bt}^{\omega} L(\lambda, x, \omega_j)$$

14

Modelos simples locales

- Local: la irradiación proviene de las fuentes.
- Se simula el efecto de los objetos con iluminación ambiental.
- La geometría de las fuentes es muy simple.
- No se consideran refracciones.

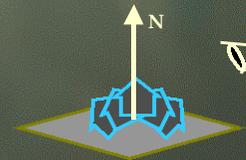
$$I = I_A + I_D + I_S$$

15

Modelos simples locales

- Iluminación ambiental

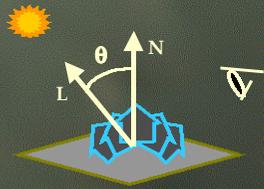
$$I_A = I_a \cdot K_a$$



16

Modelos simples locales

- Tratamiento de la reflexión difusa: Ley de Lambert.



$$I_D = I_L \cdot K_d \cdot \cos(\theta)$$

17

Modelos simples locales

- Tratamiento de la reflexión especular: modelo de Phong



$$I_S = I_L \cdot K_S \cdot \cos^n(\alpha)$$

18

Modelos simples locales

- Otras posibilidades
 - Atenuación atmosférica
 - Atenuación por distancia al foco
 - Luces con distribución no uniforme
 - Transparencias no refractivas
 - Bloqueo de fuentes por oclusión
 - Mapas de reflexión
- Ejemplo

19

Trazado de rayos



20

Trazado de rayos

- Modelo de iluminación global que tiene en cuenta las reflexiones entre objetos.
- Adecuado para simular la interreflexión especular.
- Dependiente del observador.

21

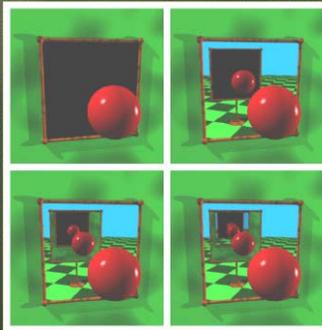
Trazado de rayos

- Se sigue la trayectoria de un rayo de luz en sentido inverso.
- La irradiación proviene de las fuentes y de las direcciones de reflexión y transmisión.
- El resto de direcciones se simula con iluminación ambiente.

22

Trazado de rayos

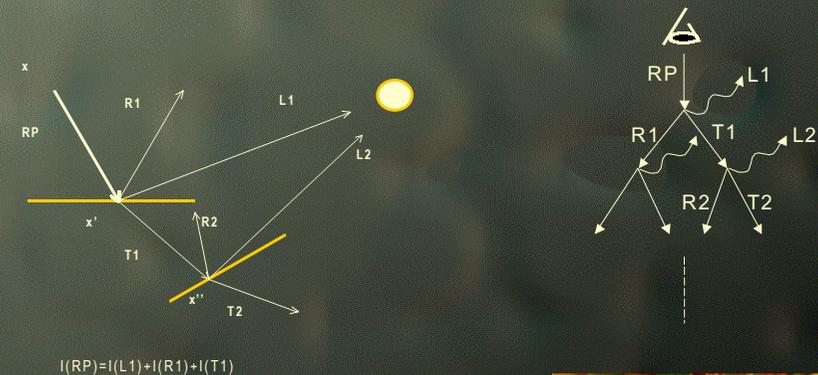
- Ejemplo



23

Trazado de rayos

- Construcción del árbol de rayos



24

Trazado de rayos

Modelo de iluminación (Whitted)

$$I = I_a k_a + \sum_{i=1..m} S_i J_i [k_d \cos(\theta) + k_s \cos^n(\alpha)] + k_s I_r + k_t I_t$$

Término ambiental

Iluminación local

Rayo reflejado

Rayo de sombra

Rayo transmitido

25

Trazado de rayos

Algoritmo

```
para cada pixel
  color:= Trazar(rayoPrimario, 1)
  Poner_pixel(pixel,color)
fin
```

```
Trazar(Rayo r, Profundidad d) devuelve un Color
determinar intersección con objeto más cercano
si existe
  calcular la normal
  devolver Color(objeto,r,
                intersección,normal,d)
sino
  devolver color del fondo
fin
```

```
Color (Objeto o, Rayo r, Punto p, Normal N,
Profundidad d)
color:= color ambiental
para cada luz
  L:= rayo desde p a la luz
  si (L·N)>0 y no hay obstrucción
    color:= color + intensidad debida a esa luz
  si d < máxima
    si o es reflexivo
      R:= rayo de reflexión
      color_R:= Trazar(R,d+1)
      color:= color + color_R *Ks(o)
    si o es transmisivo
      T:= rayo de refracción
      si no hay reflexión interna total
        color_T:= Trazar(T,d+1)
        color:= color + color_T *Kt(o)
  devolver color
fin
```

26

Trazado de rayos

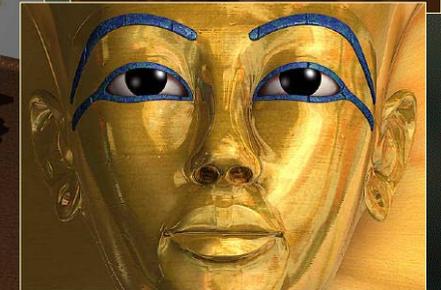
Problemas y soluciones

- Número de intersecciones a calcular – Técnicas de aceleración
- Aliasing - Sobremuestreo
- Interreflexión difusa – Separación del cálculo de la reflexión difusa y la especular

27

Trazado de rayos

Algunos ejemplos



28

Radiosidad



29

Radiosidad

- Modelo de iluminación global que tiene en cuenta las interreflexiones entre objetos.
- Adecuado para simular la interreflexión difusa.
- Independiente del observador.

30

Radiosidad

- Energía que abandona una superficie por unidad de tiempo y área.
- Haciendo algunas suposiciones, se puede llegar a establecer un equilibrio en la escena.
- Conocida la radiosidad de cada superficie es fácil transformarla en información de color.

31

Radiosidad

- Principales simplificaciones
 - Las superficies son difusores perfectos.
 - Las superficies se dividen en retazos de radiosidad constante.
 - La escena es un entorno cerrado.

32

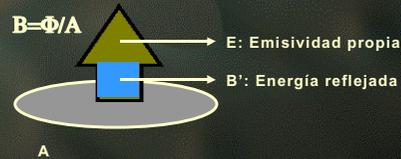
Radiosidad

Balace

Φ : Energía emitida por A (por unidad de tiempo)
 $B = \Phi/A$: Energía emitida por unidad de superficie.
RADIOSIDAD



La energía emitida se compone de emisión propia y reflexión



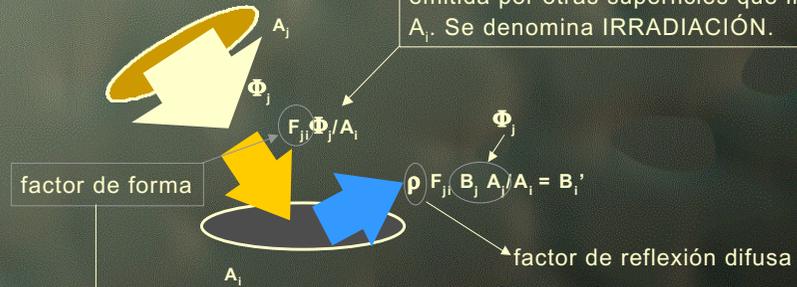
BALANCE DE ENERGÍA

$$B = E + B'$$

Radiosidad

Reflejada

Energía recibida: porción de la energía emitida por otras superficies que llega a A_i . Se denomina **IRRADIACIÓN**.

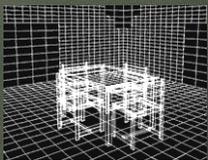


$$F_{ji} A_j = F_{ij} A_i$$

Radiosidad

Ecuación de radiosidad en un retazo

$$B_i = E_i + \rho_i \sum_{j=1}^n F_{ij} B_j$$



Radiosidad

Formulación matricial

$$\begin{pmatrix} E_1 \\ \vdots \\ E_N \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 - \rho_1 F_{11} & -\rho_1 F_{12} & \cdots & -\rho_1 F_{1N} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ -\rho_N F_{N1} & \cdots & \cdots & 1 - \rho_N F_{NN} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} B_1 \\ \vdots \\ B_N \end{pmatrix}$$

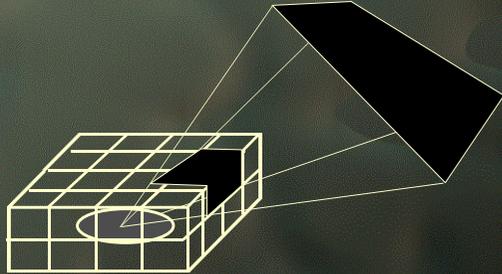
Jacobi

Gauss-Seidel

Southwell

Radiosidad

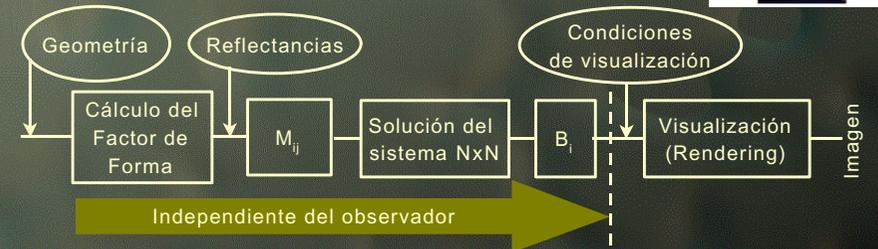
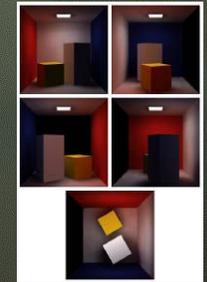
- Cálculo de los factores de forma
 - Ejemplo del hemicubo



37

Radiosidad

- Resumiendo el proceso



38

Radiosidad

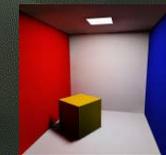
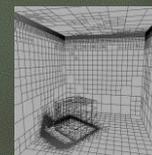
- Y el algoritmo

1. Inicializar para todos
radiosidad=0
carga emisora=E
2. Elegir el retazo más cargado (i) y propagar a los otros la energía
 $radiosidad[i]=radiosidad[i]+carga[i]$
 $carga[i]=0$
para cada j,
calcular F_{ji}
 $carga[j]=carga[j]+ \rho_j F_{ji} carga[i]$
3. Visualizar cada retazo con radiosidad+carga
4. Repetir el proceso hasta no apreciar diferencia

39

Radiosidad

- Problemas y soluciones
 - Mallado – Subestructuración
 - Factor de forma – Multitud de métodos
 - Brillos – Separación especular y difusa



40

Métodos híbridos

■ La solución

- Cálculo de brillos por trazado de rayos (dependiente del observador) y de la iluminación difusa por radiosidad (independiente del observador)
- Es posible mezclar ambos procesos



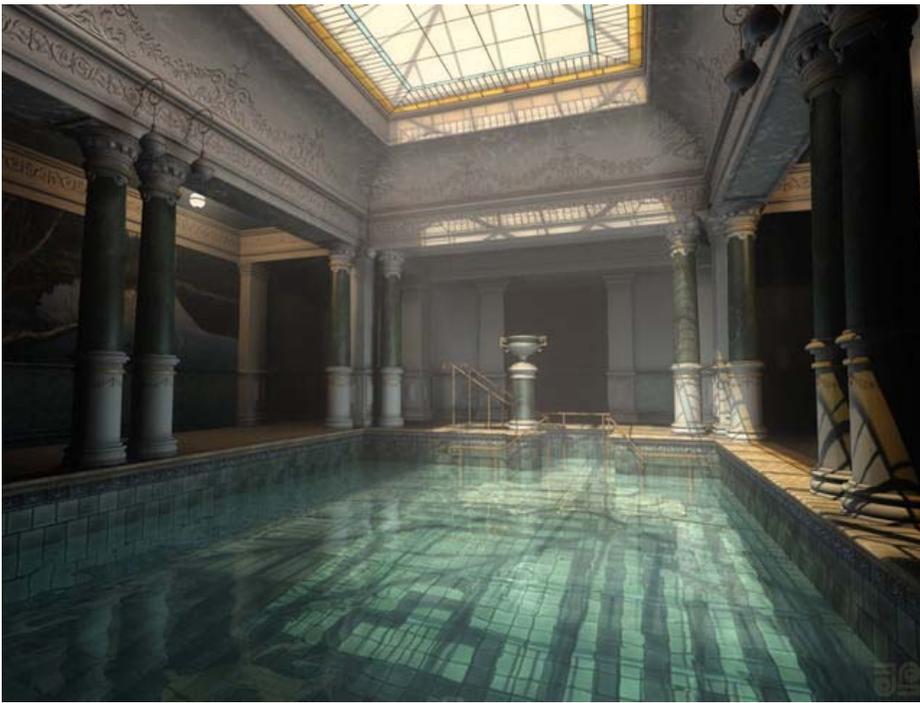
41

Métodos híbridos



42





Conclusiones

- Interactividad: Métodos locales y trucos
- Superficies pulidas: Trazado de rayos
- Superficies mates: Radiosidad
- Realismo: Combinación de técnicas

