

Illumination

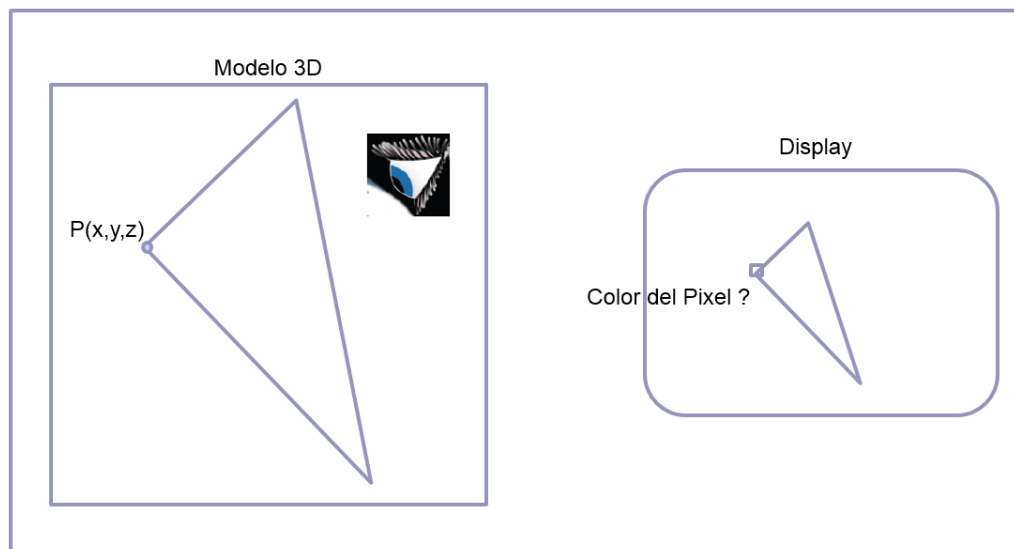
Luis Palomino Ramírez
Tecnológico de Monterrey, Campus Guadalajara

Rendering

- Rendering es el proceso para transformar un modelo 3D a una imagen 2D
- Los artistas graficos los usan para referirse al proceso de crear imágenes realistas
- En el contexto de artistas graficos, es importante distinguir en Rendering los siguientes conceptos
 - Illumination & Shading
 - Shadowing
 - Shaders
 - Colors, Lights & Materials
 - Texture mapping
 - Local Illumination
 - Global Illumination

Problemática del Rendering

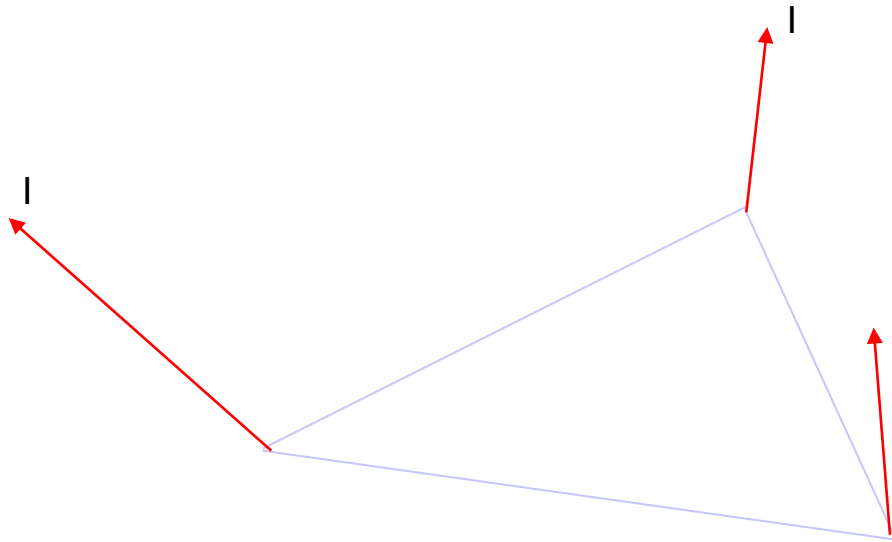
- Dado un punto en una superficie visible a un observador, ¿de qué color se debe colorear el pixel?



- El problema se puede abordar a través de iluminación y sombreado (local y global), texturas y/o shaders

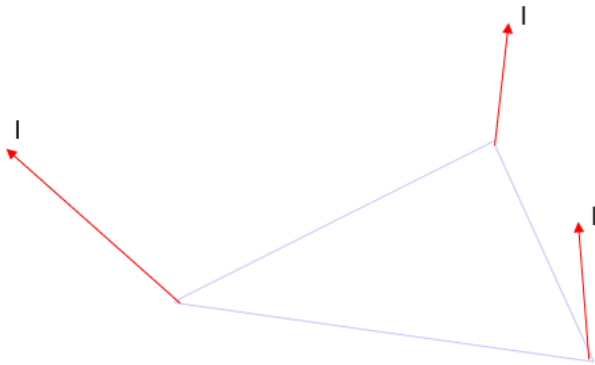
Iluminación (Illumination)

- Mide la luz reflejada en un vértice y decide el color de dicho vértice.



Sombreado (Shading)

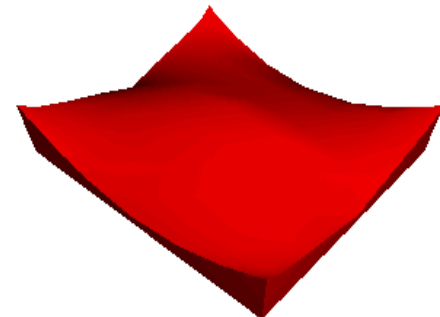
- Dado el color de los vertices de un modelo, se decide cómo se aplican los colores en toda la superficie del modelo, esto es, se decide el color de los pixeles en la escena.



Illuminacion por
Vertice



Sombreado Plano
(Flat shading)



Sombreado Interpolado

Como Medir la Iluminación

- Para medir la Iluminación se requiere modelar:
- **Colores**
 - Definir cómo el sistema visual humano responde a los colores
- **Luces**
 - Definir las fuentes de iluminación
- **Materiales**
 - Definir cómo se refleja la luz sobre la superficie de los materiales
- **Geometría**
 - Definir la forma de la superficie
- **Camara**
 - Definir el observador

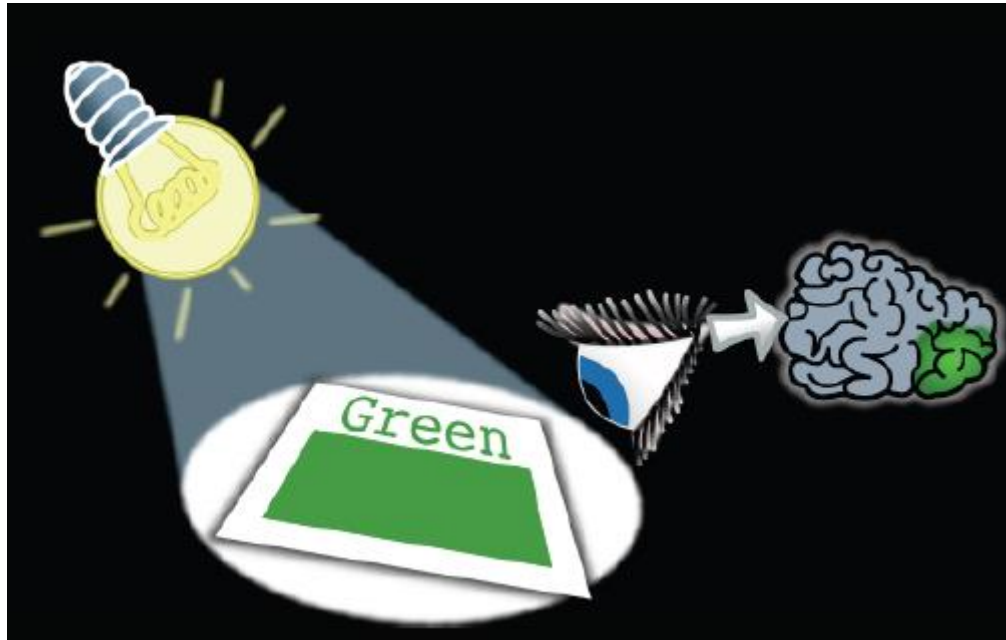
Modelado del Color

Modelo RGBA

- Un color se especifica por la tupla (r,g,b,a) donde cada uno de los tres componentes primarios (RGB) del color es un número real entre 0.0 y 1.0, incluyendo el canal alpha que representa el nivel blending



Percepción del Color



- Cuando vemos un objeto, no lo vemos como realmente es, sino como lo percibe nuestro cerebro según la luz emitida o reflejada por el objeto y que es captada por nuestros ojos

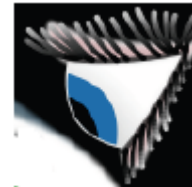
Percepción del Color

- Una superficie roja se ve roja bajo una luz blanca, porque la componente roja de la luz es reflejada por el objeto mientras que el resto de las componentes son absorbidas

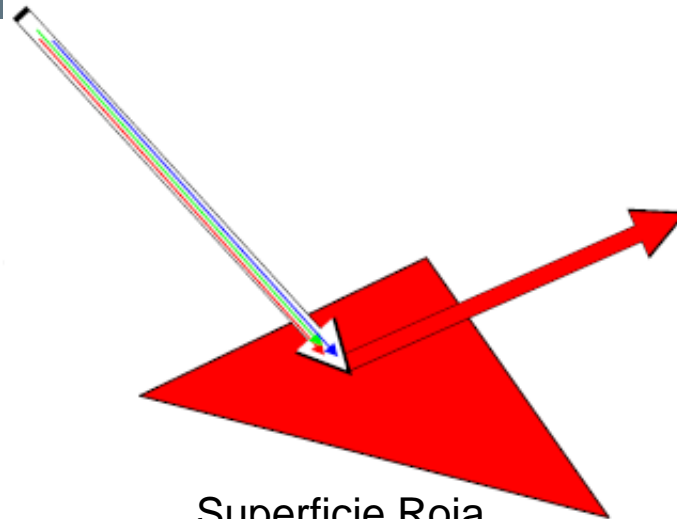
Luz Blanca
RGB=(1,1,1)



Superficie se ve Roja
RGB=(1,0,0)



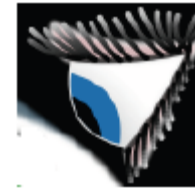
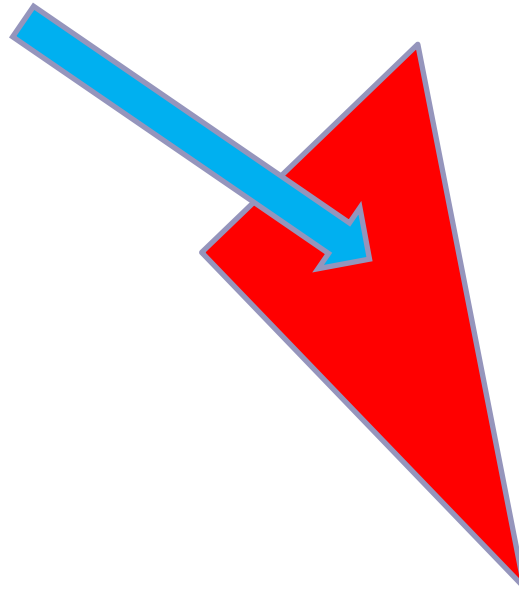
Superficie Roja
RGB=(1,0,0)



Percepción del Color

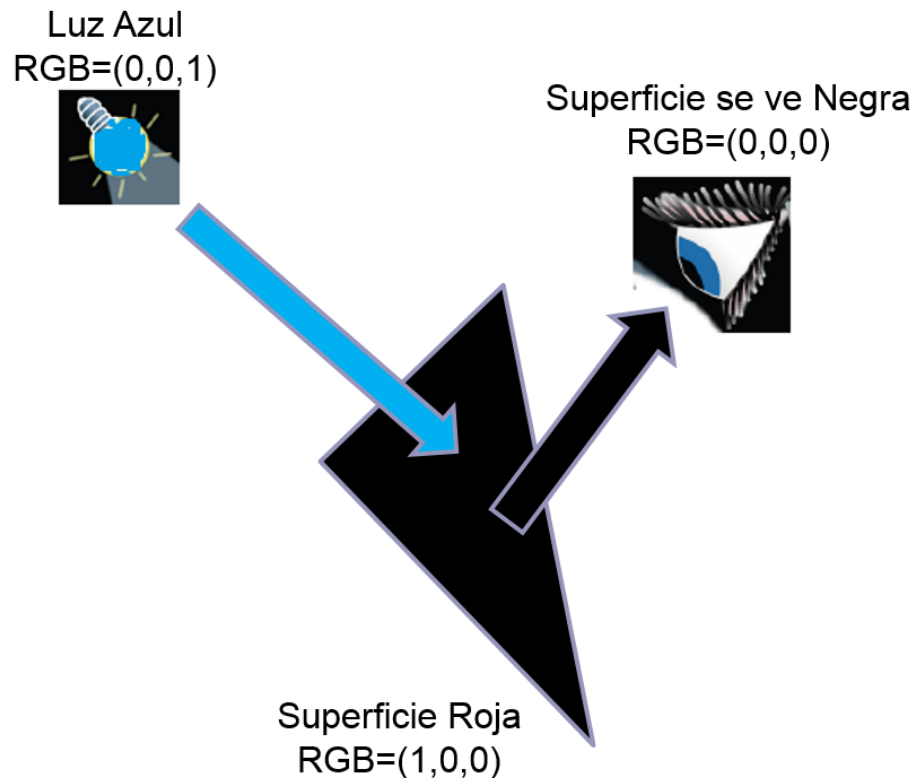
- ¿De qué color se verá una superficie roja iluminada por una luz azul?

Luz Azul
Luz Azul
RGB=(0,0,1)
RGB=(0,0,1)

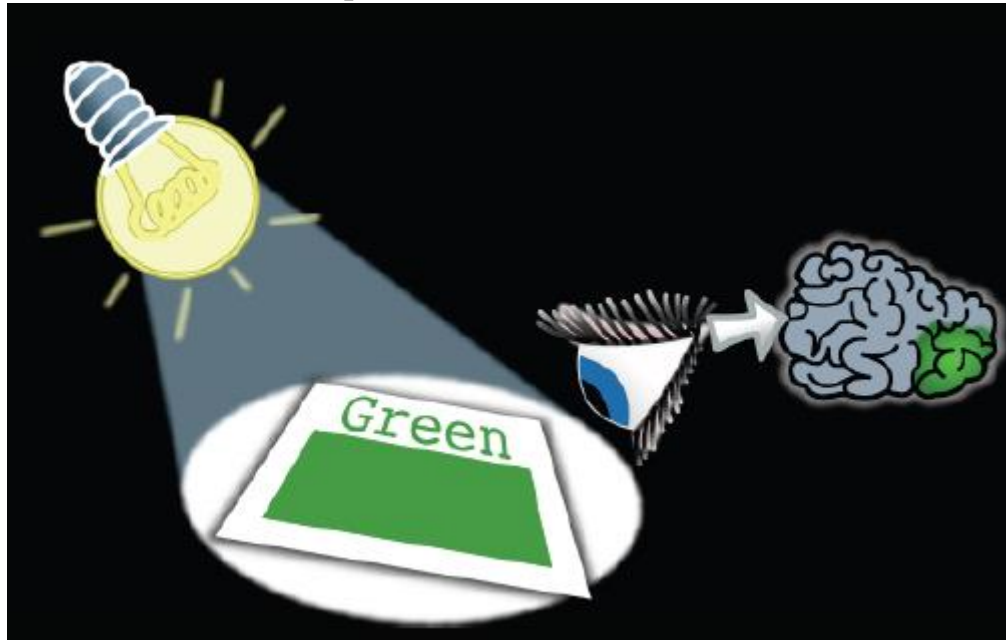


Percepción del Color

- Una superficie roja iluminada por una luz azul parecerá ser negra, porque un objeto rojo no refleja luz azul y la luz solo emite luz azul



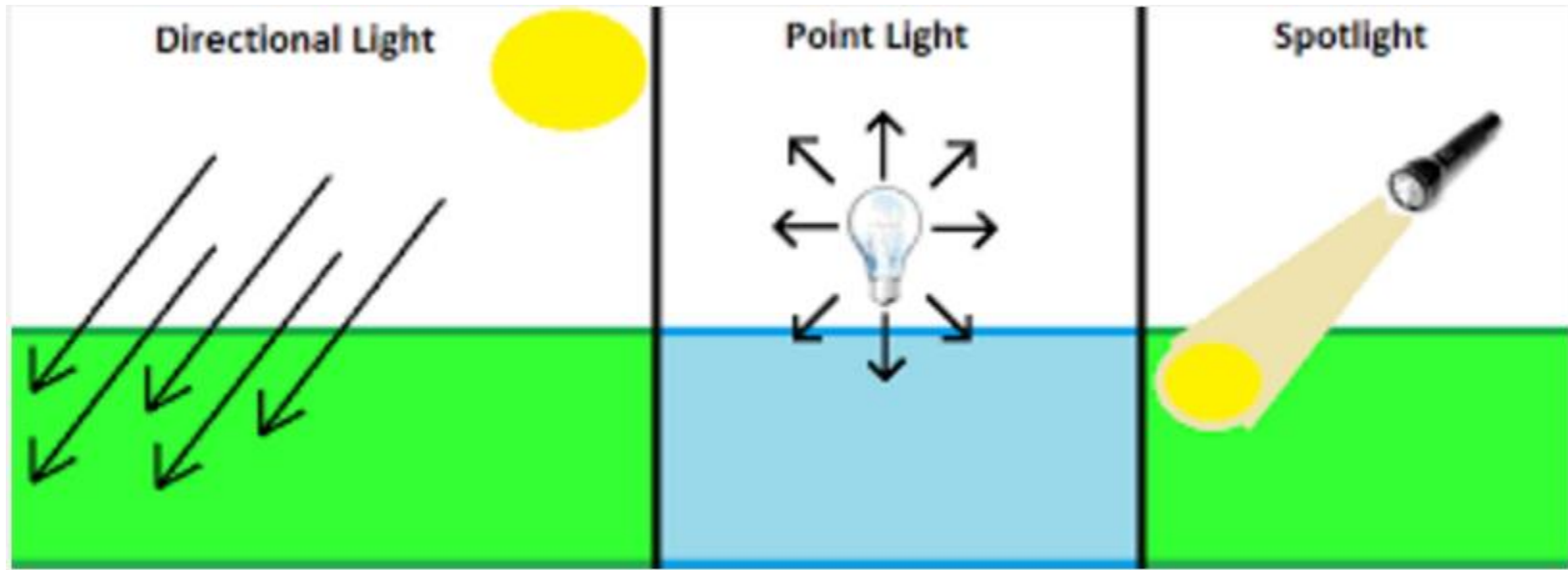
Factores que Intervienen en la Percepción del Color



- Fuente de Luz
- Material
- Observador

Modelado de las Fuentes de Luz

Principales Tipos de Fuentes de Luz



Direccional

Puntual

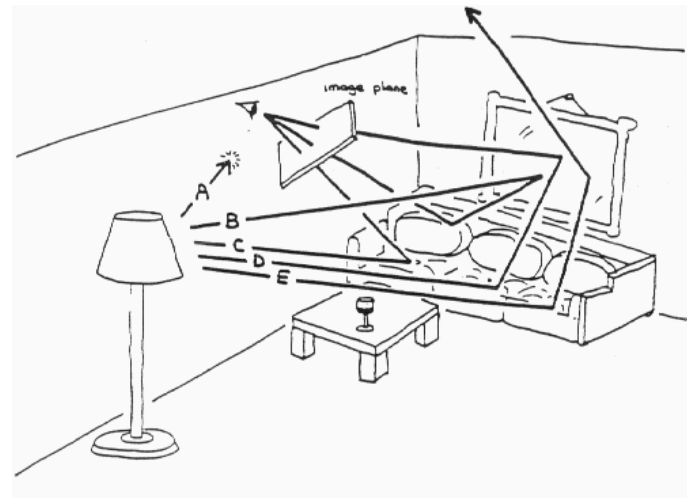
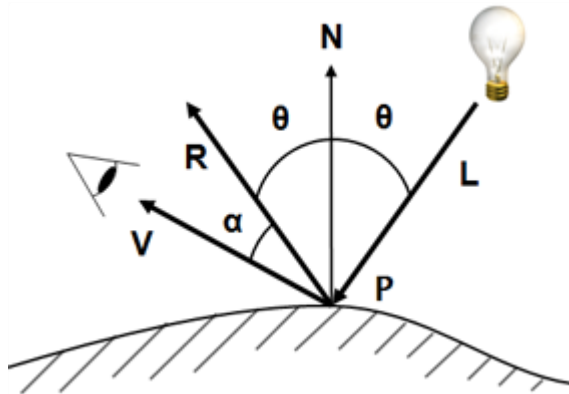
Foco de Luz

Propiedades de las Fuentes de Luz

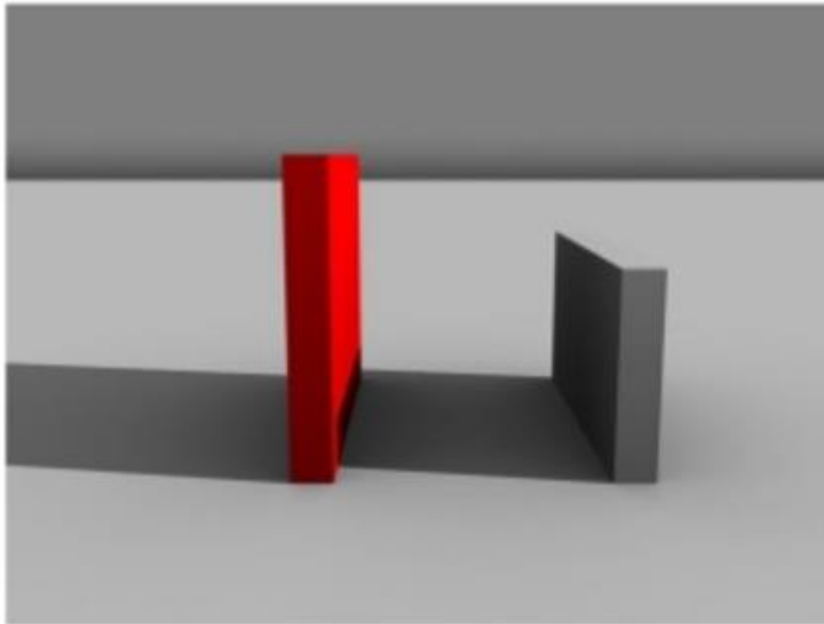
- Dependenden del tipo de Fuente de Luz:
 - Posición
 - Color de la luz emitida
 - Dirección de emisión
 - Forma
 - Reflexión

Iluminación Local vs Global

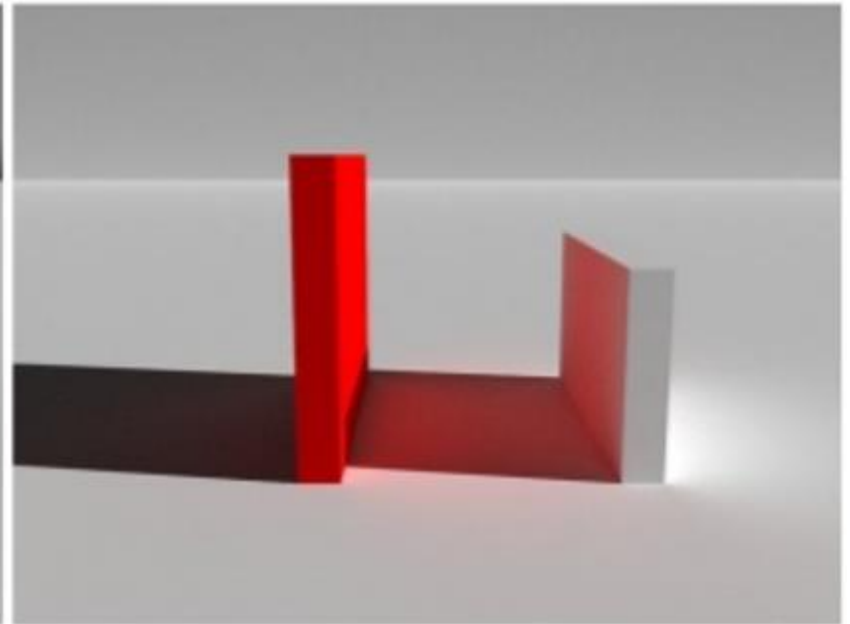
- La iluminación local o directa toma en cuenta solamente las fuentes de iluminación
- La iluminación global o indirecta toma en cuenta además el reflejo de luz de otras superficies en la escena



Iluminación Local vs Global



Local Illumination



Global Illumination

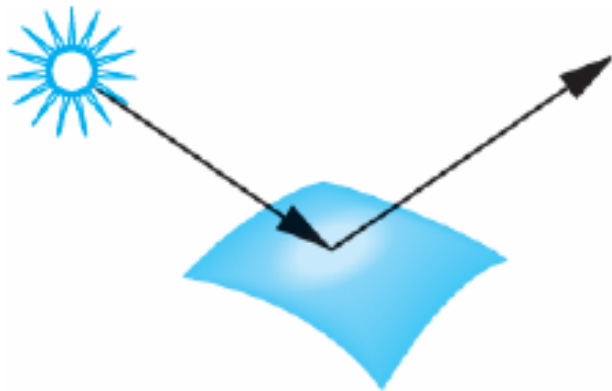
Modelado de Materiales

Modelado de Materiales

- La luz que golpea la superficie de un objeto es parcialmente absorbida y parcialmente reflejada
- La cantidad de luz reflejada determina el color y brillantez del objeto

Tipos de Materiales

- Una superficie suave reflejará la luz como un espejo (reflexión especular)
- Una superficie rugosa rebotará la luz en diferentes direcciones (reflexión difusa).



**Superficie Suave
(acabado espejo)**



**Superficie Rugosa
Acabado Mate**

Modelos de Iluminación Local

Modelos de Iluminación local

- El estudio de la iluminación de imágenes por computadora en el que se toma en cuenta: colores, fuentes de luz, materiales, geometría y el observador da lugar a los llamados modelos de iluminación:
 - Basados en física (óptica)
 - basados en modelos empíricos
 - Una combinación de los dos (modelo de Phong)

Modelo de Iluminación Local de Phong

- Es el modelo de iluminación local más usado en *Computer Graphics*.
- Toma en cuenta:
 - Fuentes de luz
 - Propiedades de los materiales
 - Geometría
 - Posición del observador

Modelo de Iluminación de Phong

- La iluminación (el color) en un punto de una superficie viene dado por cuatro componentes de iluminación:

$$I = I_A + I_D + I_S$$

I_A – Iluminación ambiental (reflexión ambiental)

I_D - Iluminación difusa (reflexión difusa)

I_S - Iluminación especular (reflexión especular)

Iluminación Ambiental

- La luz reflejada por todo el entorno se simplifica como una luz ambiental (I_A). Es independiente de la dirección de la fuente y del observador y es constante para todos los puntos de la superficie:

$$I_A = k_A I_{L_A}$$

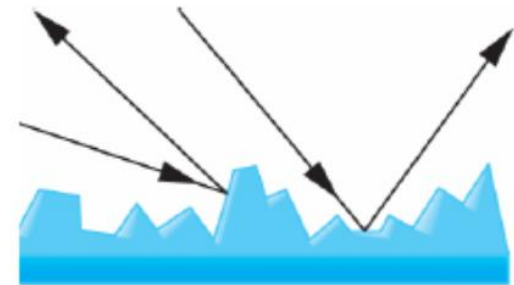
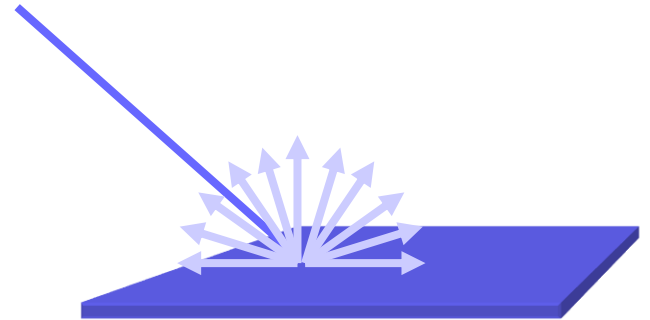
I_A – Iluminación ambiental reflejada

k_A – Coeficiente de reflexición ambiental

I_{L_A} – Componente ambiental de la fuente de luz

Reflexión Difusa

- Debido a las variaciones microscópicas, un rayo de luz tiene las mismas probabilidades de ser reflejada en cualquier dirección sobre el hemisferio
- La reflexión difusa ideal ocurre en superficies rugosas (acabado mate)



rough surface

Intensidad de Reflexión Difusa en Superficies Rugosas

- La ley de Lambert establece que para superficies rugosas, la luz reflejada (difusa) se determina por el coseno entre la normal de la superficie y la dirección de la Fuente de luz.

$$I_D = K_D I_L \cos \theta$$

$$I_D = K_D I_L (N \cdot L)$$

I_D – Iluminación difusa reflejada

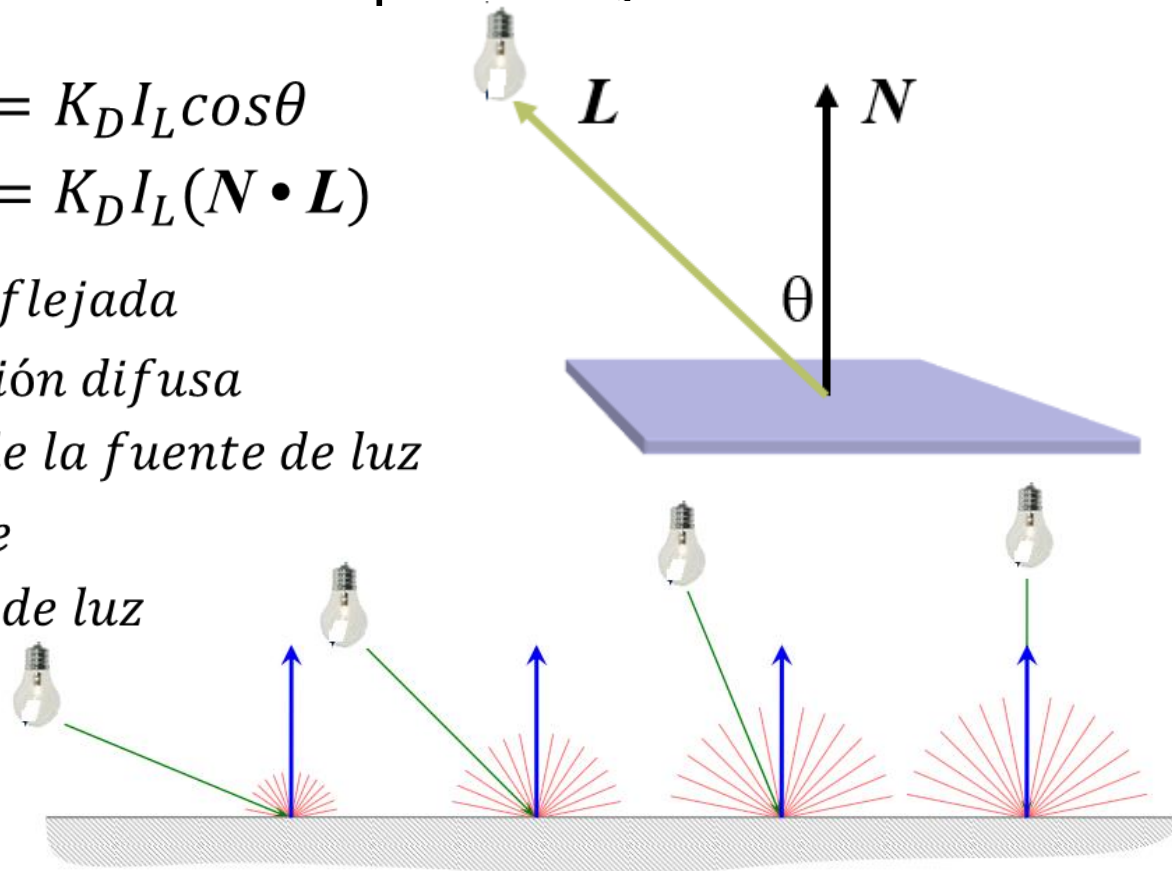
k_D – Coeficiente de reflexión difusa

I_{L_D} – Componente difusa de la fuente de luz

N – Normal a la superficie

L – Dirección de la fuente de luz

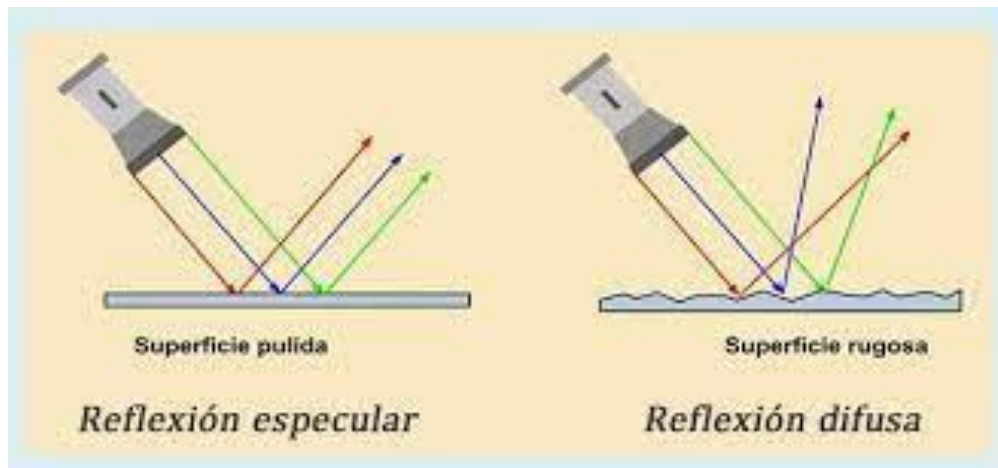
θ – Ángulo de incidencia



Iluminación Especular

Luz Especular Reflejada

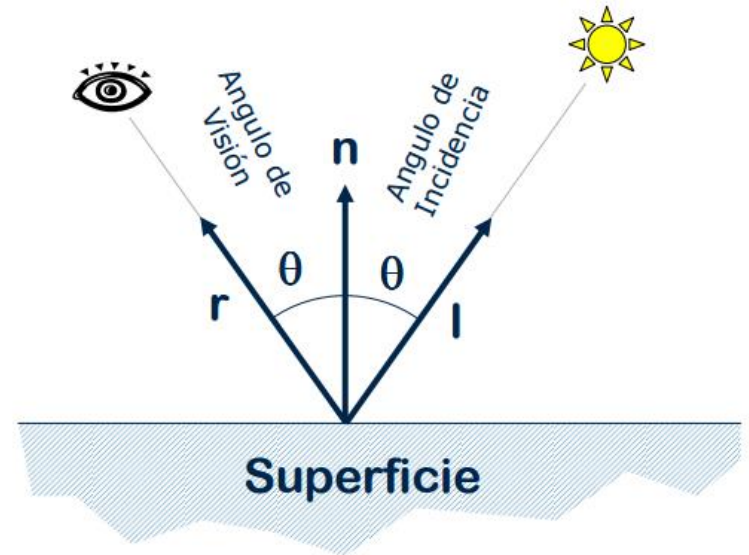
- Luz proveniente de una dirección es reflejada en una dirección particular
- Superficies brillosas (metal pulido) exhiben reflexión especular
- La luz que brilla en una luz especular causa un punto brillante, que se llama “brillo especular”
- El lugar donde aparecen esos brillos depende de la posición del observador, es decir, de la posición de la cámara



Óptica de la Reflexión Especular

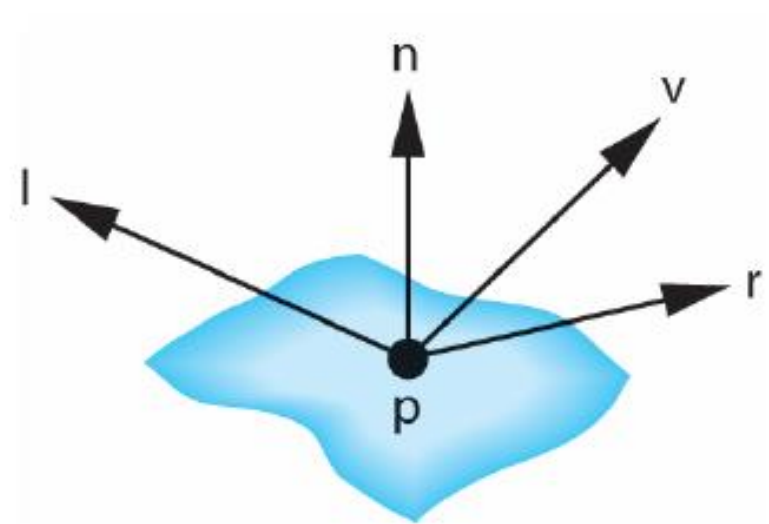
- Sigue la Ley de Snell
 - El rayo de luz entrante y el reflejado están en el mismo plano con la normal a la superficie, y el ángulo que el rayo reflejado forma con la normal es igual al formado por el rayo entrante y la normal

$$\theta_i = \theta_r$$



Modelo de Reflexión Specular de Phong

- Modelo empírico
- Se utilizan 4 vectores:
 - n : la normal de la superficie
 - I : dirección de la fuente de luz
 - v : dirección de la cámara (observador)
 - r : rayo reflejado



Modelo de Iluminación de Phong

- La iluminación en un vértice viene dado por cuatro componentes de iluminación:

$$I = I_A + I_D + I_S$$

$$I = k_A I_{L_A} + k_D I_{L_D} (N \cdot L) + k_S I_{L_S} (\mathbf{v} \cdot \mathbf{r})^\alpha$$

Ambiental

Difusa

Especular

Propiedades de las Fuentes de Luz

- Para conseguir el máximo de flexibilidad, cada fuente de luz tiene componentes difusa, especular y ambiental y cada uno, a su vez, tiene componentes rojo, verde y azul por separado.
- Por tanto, cada fuente de luz define 9 coeficientes:
 - Ambiental: $I_{LAR}, I_{LAG}, I_{LAB}$
 - Difuso: $I_{LDR}, I_{LDG}, I_{LDB}$
 - Especular: $I_{LSR}, I_{LSG}, I_{LSB}$
- En el caso de varias fuentes de luz, se suman los resultados de todas las fuentes.

Propiedades de los Materiales

- Para conseguir el máximo de flexibilidad, cada material tiene componentes ambiental, difusa y especular, y estos a su vez tienen componentes rojo, verde y azul por separado.
- Por tanto, cada superficie (material) define 9 coeficientes:
 - Ambiental: k_{AR}, k_{AG}, k_{AB}
 - Difuso: k_{DR}, k_{DG}, k_{DB}
 - Especular: k_{SR}, k_{SG}, k_{SB}
- Más 1 coeficiente α para el brillo

Separación de Componentes

- Por último, se calcula cada componente de color por separado:

● $I_R = k_{AR}I_{LAR} + k_{DR}I_{LDR}(N \cdot L) + k_{SR}I_{LSR}(\mathbf{v} \cdot \mathbf{r})^\alpha$

● $I_G = k_{AG}I_{LAG} + k_{DG}I_{LDG}(N \cdot L) + k_{SG}I_{LSG}(\mathbf{v} \cdot \mathbf{r})^\alpha$

● $I_B = k_{AB}I_{LAB} + k_{DB}I_{LDB}(N \cdot L) + k_{SB}I_{LSB}(\mathbf{v} \cdot \mathbf{r})^\alpha$



Ambiental

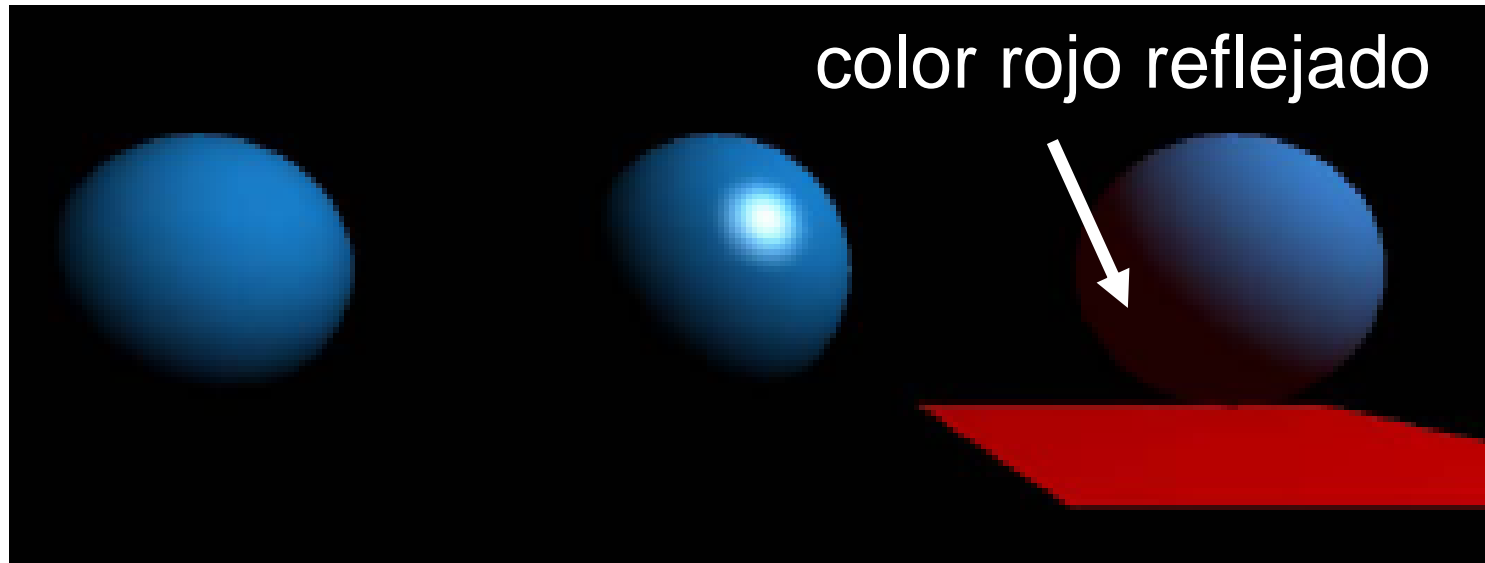


Difuso



Especular

Ejemplo del Modelo de Iluminación de Phong



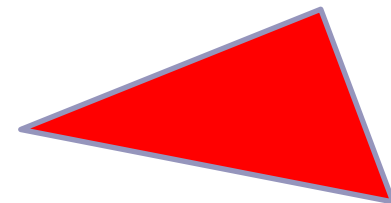
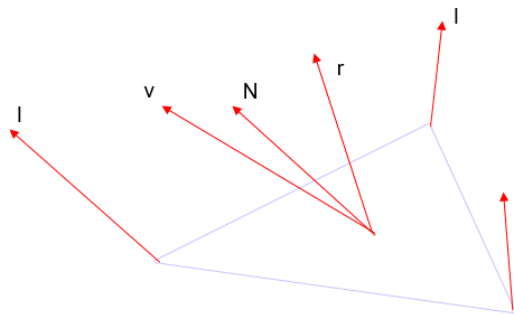
difuso

difuso
+
especular

difuso
+
ambiental

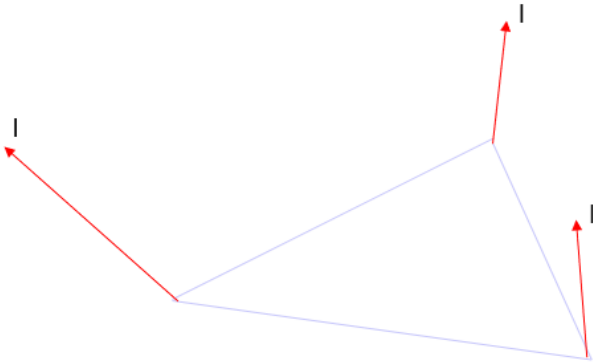
Sombreado (Shading)

- Una vez que se sabe cómo iluminar (colorear) los vertices de una superficie, se debe decidir cómo iluminar toda la superficie, esto es, asignar colores a los pixeles.
 - Sombreado plano (flat shading)
 - Sombreado interpolado (Gouraud y Phong)
- No confundir con el proceso de poner sombras (tarea de la iluminación global)



Sombreado Plano (Flat Shading)

- El sombreado es constante en toda la superficie



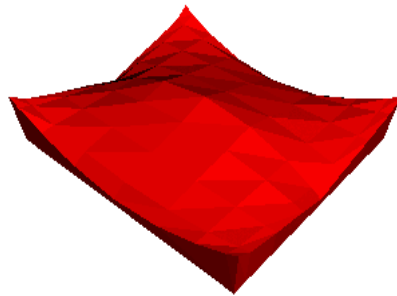
- Se promedia la Iluminacion y se colorean todos los pixels con ese color

Sombreado Interpolado

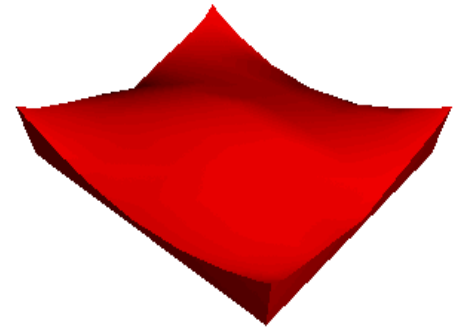
- Interpola el color en el interior de la superficie para asignar un color a cada pixel:

- ☐ Gouraud

- ☐ Phong



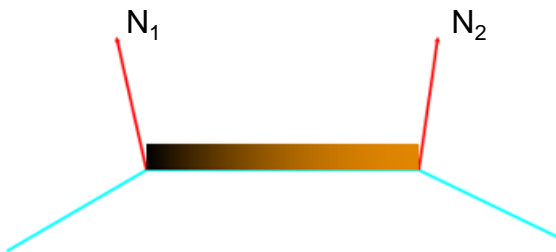
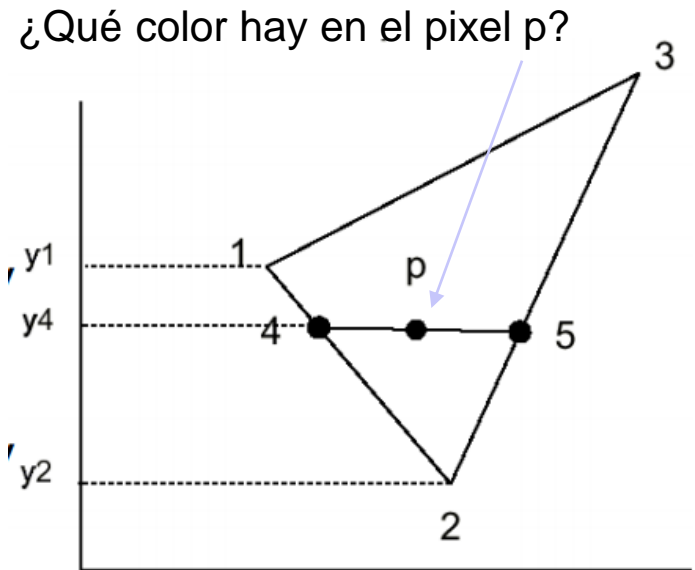
Sombreado Plano
(Flat shading)



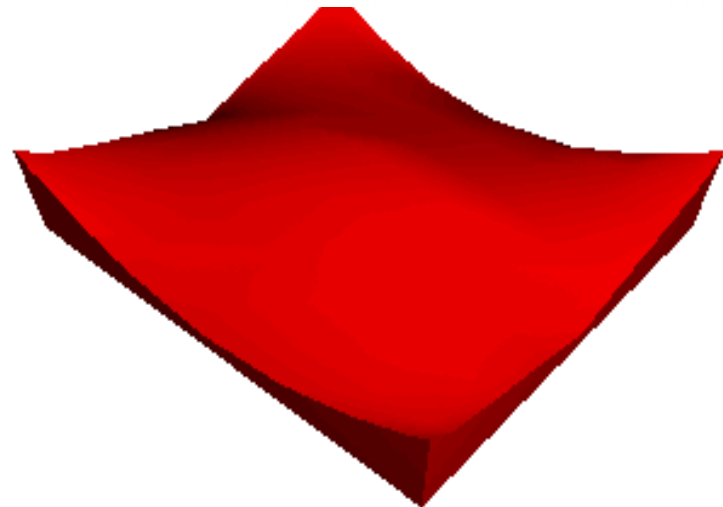
Sombreado
Interpolado

Sombreado de Gouraud

- Interpola el color en la superficie del polígono
- Es el implementado en OpenGL

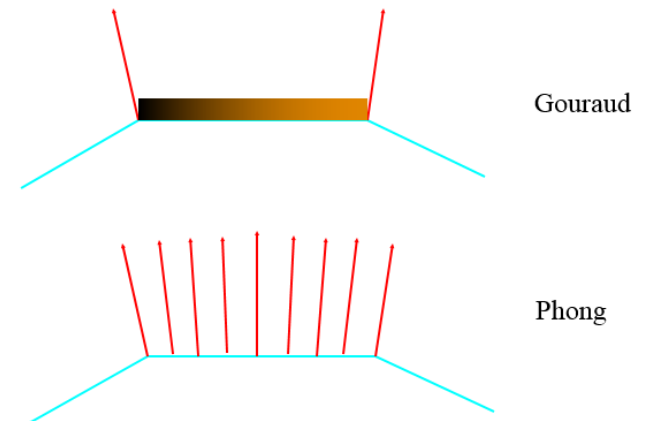


Gouraud

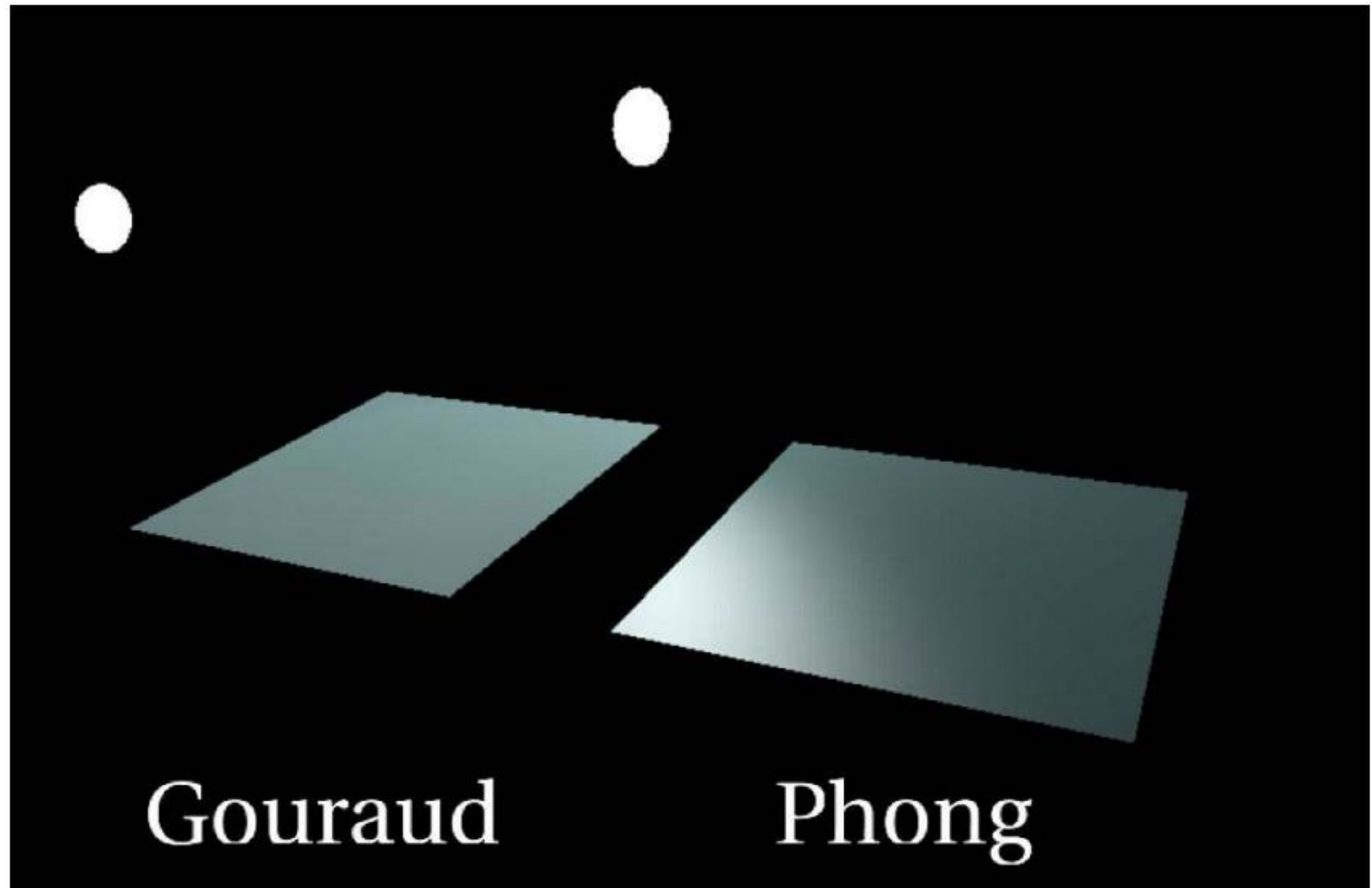


Sombreado de Phong

- Interpola linealmente la **normal**, y aplica el modelo de iluminación de Phong en cada Pixel
- Resultados muy suaves
- Más costoso que Gouraud y mucho mas que Flat
- *No confundir con el modelo iluminación de Phong*



Gouraud Vs: Phong



Flat Shading Vs: Gouraud Vs: Phong

