



Conceptos fundamentales en informática gráfica

Imagen digital

Luz, color y percepción visual

Información gráfica

Software gráfico

Tipos de datos y operaciones





Sección de
Informática
Gráfica | Computer
Graphics
Group
VALENCIA



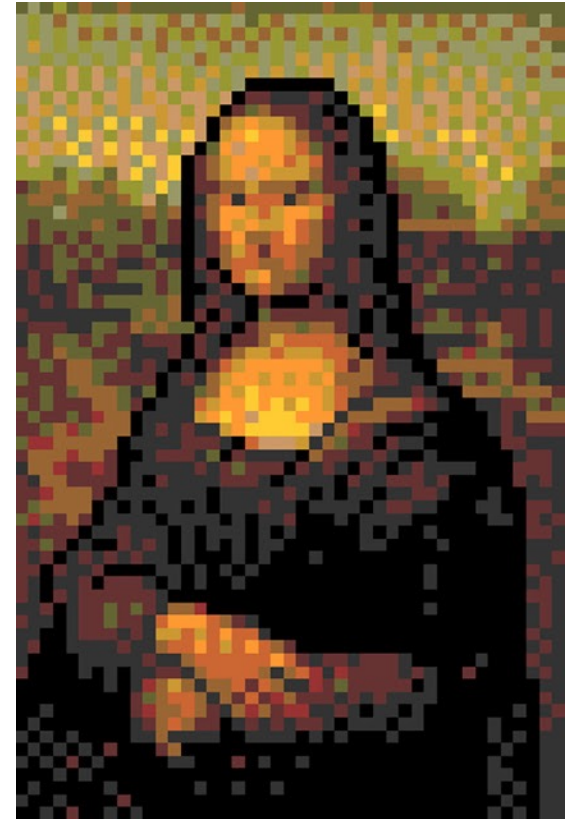
UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Imagen digital



¿Qué es?

- ▶ Es una función de \mathbb{R}^2 en \mathbb{C} (espacio de color)
- ▶ Informáticamente se representa como un conjunto ordenado de bloques de bits (píxeles) que se interpretan como colores en un espacio rectangular discreto, matriz 2D, llamado Pixmap
- ▶ Características
 - ▶ Dimensiones: número de píxeles (ancho x alto)
 - ▶ Relación de aspecto: (ancho : alto)
- ▶ Píxel
 - ▶ Coordenadas
 - ▶ Profundidad de color
 - ▶ Canal alfa
 - ▶ Formato
 - ▶ Otros canales: z, id objeto, normal, etc



Procesos

▶ Adquisición

- ▶ Proceso de obtención de una imagen digital a partir de una imagen real mediante un dispositivo de captura

▶ Procesado

- ▶ Proceso que toma como entrada una imagen y obtiene otra diferente (tratamiento) o extrae información de aquella (análisis y reconocimiento)

▶ Síntesis

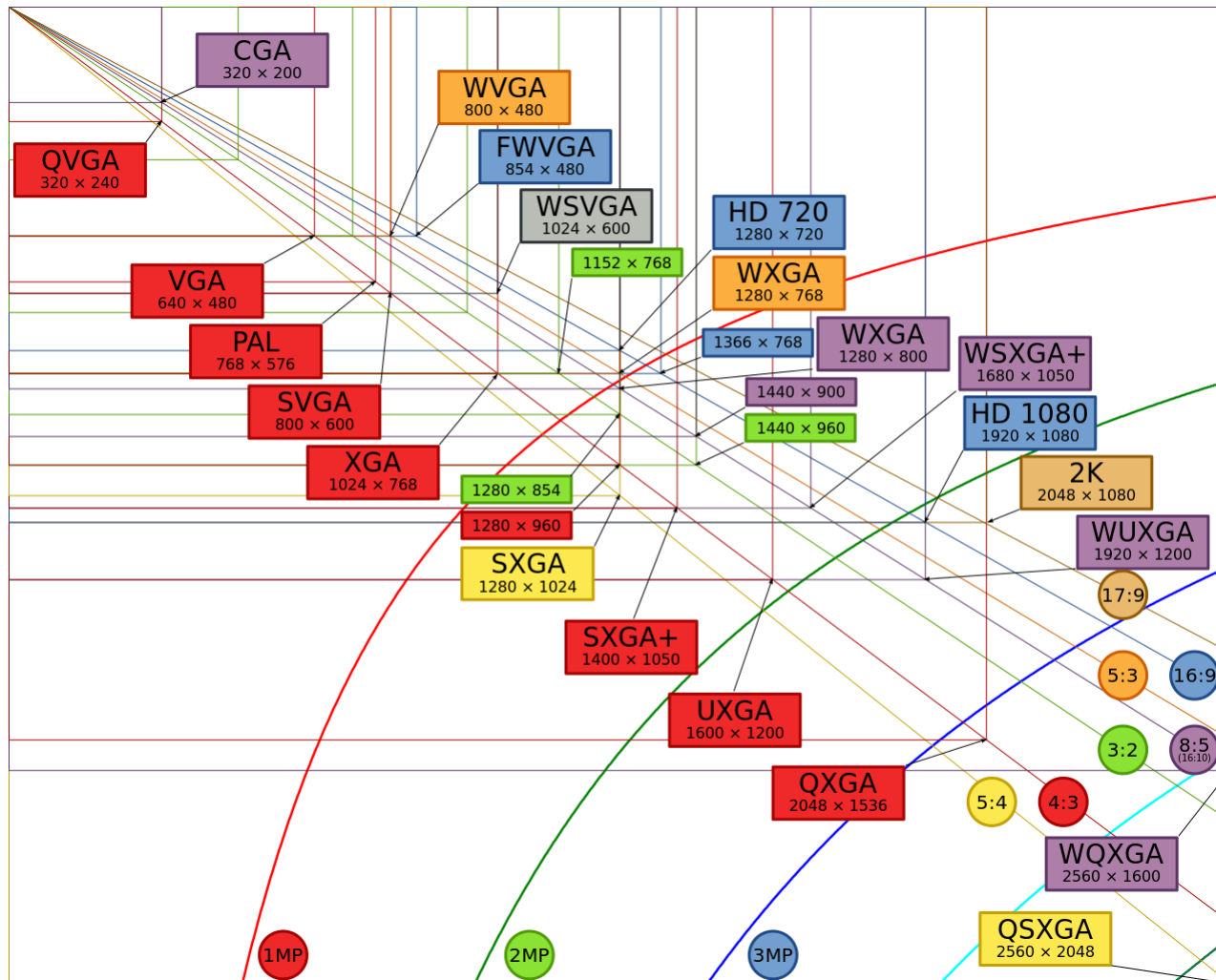
- ▶ Proceso por el que se obtiene una imagen digital a partir de información cualquiera

▶ Representación

- ▶ Proceso por el que se visualiza una imagen digital en un dispositivo de salida

Representación

Resoluciones típicas



High-Definition

Name	x (px)	y (px)	x:y	x*y (Mpx)
nHD	640	360	16:9	0.230
qHD	960	540	16:9	0.518
HD	1280	720	16:9	0.921
HD+	1600	900	16:9	1.44
FHD	1920	1080	16:9	2.073
QHD	2560	1440	16:9	3.686
WQXGA+	3200	1800	16:9	5.760
UHD (4K)	3840	2160	16:9	8.294
UHD+	5120	2880	16:9	14.745
	5760	3240	16:9	18.662
FUHD (8K)	7680	4320	16:9	33.178
QUHD (16K)	15360	8640	16:9	132.72



Sección de
Informática
Gráfica | Computer
Graphics
Group
VALENCIA



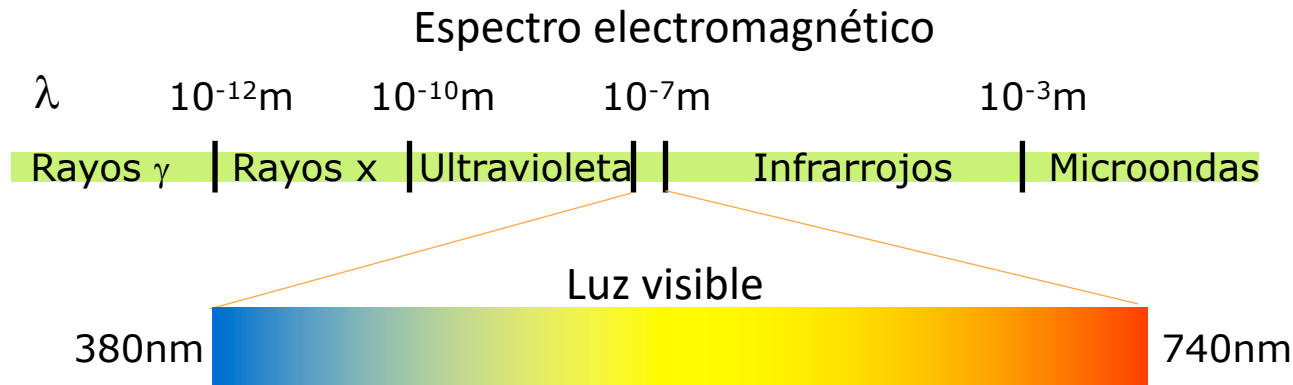
UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Luz, color y percepción



Espectro

- ▶ La energía de un fotón en un medio depende de su longitud de onda. Llamamos espectro electromagnético al continuo de longitudes de onda (frecuencias) que puede llevar el fotón
- ▶ La luz es visible (humano) en radiaciones de longitudes entre 380 y 740 nm, aproximadamente.



Medición de la luz

- ▶ ¿Cómo se mide la luz?
 - ▶ **Radiometría**: Medición de la energía radiante de los cuerpos. Es independiente del observador
 - ▶ **Fotometría**: Medición de la sensación subjetiva al percibir, visualmente, la energía radiada

Magnitudes radiométricas

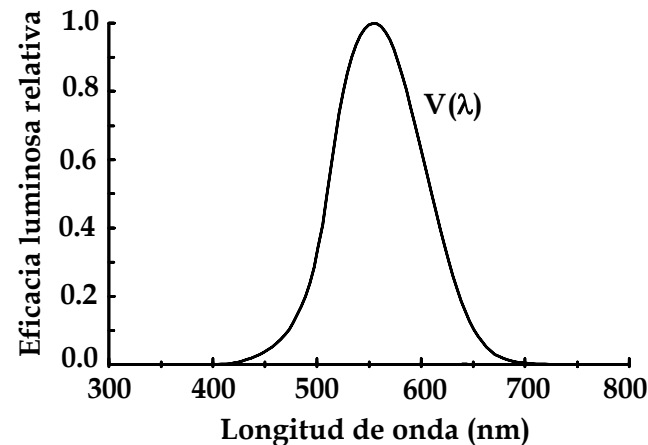
Flujo o potencia radiante de una fuente luminosa (vatio): La energía radiada por unidad de tiempo que depende de la temperatura y naturaleza de los materiales

Flujo radiante espectral: energía espectral por unidad de tiempo

Eficacia luminosa relativa : Relación entre flujo radiante y el luminoso

Magnitudes fotométricas

Flujo luminoso (lumen): Parte del flujo radiado percibida por el ojo humano

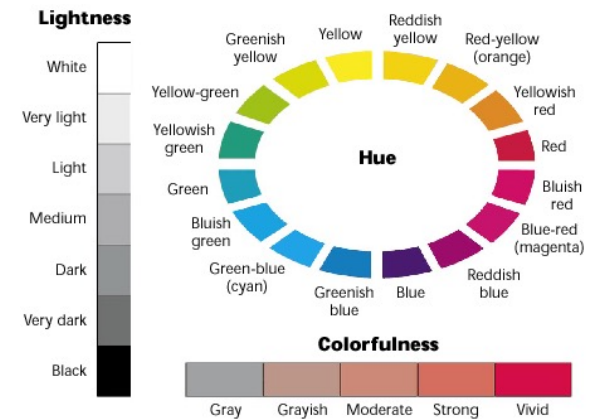


Curva de rendimiento luminoso del flujo radiante monocromático $V(\lambda)$
 $k=684$ lúmenes/watt para $\lambda=555\text{nm}$ máxima sensibilidad

$$F = k \int_{380}^{770} V(\lambda) P(\lambda) d\lambda$$

Caracterización de la luz percibida

- ▶ ¿Qué es el color?
 - ▶ Llamaremos color a la sensación experimentada al recibir una radiación luminosa a través del sentido de la vista
 - ▶ Características del color
 - ▶ **Claridad** o luminosidad: Se refiere a la cantidad de luz. Se asocia a la luminancia total
 - ▶ **Cromaticidad**: Diferencias apreciables en la distribución espectral de la luminancia
 - ▶ **Matiz** o tono: Lo que significamos al decir color verde, amarillo o rojo. Se asocia a la longitud de onda dominante
 - ▶ **Pureza** o grado de saturación: Lo que significamos al decir color pálido o fuerte. Se asocia a la mayor o menor presencia de gris. Se llama color puro o saturado a la radiación monocromática
 - ▶ **Observador estándar**: Se promedian experiencias para obtener la curva de rendimiento luminoso





Sección de
Informática
Gráfica | Computer
Graphics
Group
VALENCIA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Información gráfica





Tipos



▶ Raster

- ▶ Descripción de la información gráfica mediante uno (o varios) Pixmap
- ▶ Depende de la resolución de la imagen tanto en dimensión como en profundidad de color
- ▶ Su representación es directa

▶ Vectorial

- ▶ Descripción de la información gráfica mediante órdenes de dibujo
- ▶ Es independiente de la resolución de la imagen
- ▶ Su representación pasa por la síntesis (Rendering) de una imagen

▶ Conversión

- ▶ Vectorial a raster : rendering
- ▶ Raster a vectorial : análisis de imagen y extracción de características

Codificación

- ▶ Para su almacenamiento en fichero se siguen los dos modelos
 - ▶ Raster
 - ▶ Extensos
 - ▶ Compactos
 - ▶ Sin pérdida
 - ▶ Con pérdida
 - ▶ Vectorial
 - ▶ 2D y texto
 - ▶ 3D





Software gráfico



APIs



- ▶ Capa de acceso al dispositivo (tarjeta gráfica)
 - ▶ OpenGL <http://www.opengl.org/>
 - ▶ OpenGL ES <http://www.khronos.org/opengles/>
 - ▶ WebGL <http://www.khronos.org/webgl/>
 - ▶ DirectX www.microsoft.com



Motores



- ▶ Se montan sobre APIs
- ▶ Ofrecen grafo de escena
- ▶ Ofrecen mecanismos de intercambio
- ▶ Ejemplos
 - ▶ Open Scene Graph www.openscenegraph.org
 - ▶ G3D g3d.sourceforge.net
 - ▶ ThreeJS threejs.org
 - ▶ Ogre www.ogre3d.org

Aplicaciones

- ▶ Se montan sobre un motor
- ▶ Ofrecen interfaz de edición del grafo y sus objetos
- ▶ Algunos ejemplos
 - ▶ Unity unity3d.com
 - ▶ Blender www.blender.org
 - ▶ Rhinoceros www.rhino3d.com
 - ▶ Cryengine www.crytek.com/cryengine
 - ▶ 3DS MAX www.autodesk.com



Sección de
Informática
Gráfica | Computer
Graphics
Group
VALENCIA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Tipos de datos y operaciones

Tipos de datos básicos

▶ Puntos

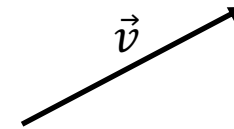
- ▶ Un punto es una entidad geométrica que indica una posición



p

▶ Vectores

- ▶ Un vector es una entidad geométrica que indica una dirección y magnitud de un desplazamiento



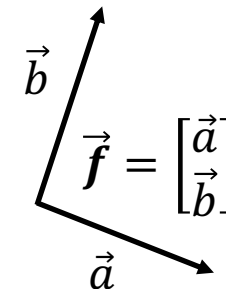
▶ Vector de coordenadas

- ▶ Es una matriz columna de números reales que refieren un punto o un vector a un sistema de referencia

$$\mathbf{c} = \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \quad \mathbf{c}^T = [x \quad y]$$

▶ Sistemas de referencia

- ▶ Base vectorial: Matriz columna de vectores linealmente independientes
- ▶ Sistema de coordenadas: Un punto origen y una base vectorial



$$\vec{v} = x\vec{a} + y\vec{b} = \vec{f}^T \mathbf{c}$$

Transformaciones lineales



▶ Matrices 3x3

- ▶ Representan transformaciones lineales de un vector en otro

$$\mathbf{L} = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} \end{bmatrix}$$

$$\vec{v}' = M(\vec{v}) = \vec{f}^T \mathbf{L} \mathbf{c}$$

▶ Cambio de base

- ▶ Si se aplica la transformación a una base vectorial se obtiene otra base vectorial
- ▶ Podemos expresar un vector en diferentes bases

$$\vec{f}'^T = \vec{f}^T \mathbf{L}$$

$$\vec{v} = \vec{f}^T \mathbf{c} = \vec{f}'^T \mathbf{L}^{-1} \mathbf{c}$$

Trasformaciones lineales

▶ Rotaciones

- ▶ Una rotación de un ángulo α respecto a un eje de giro \vec{k} preserva los productos escalares (de base a base ortonormal)
- ▶ La inversa es la traspuesta
- ▶ Fórmula de Rodrigues



$$R_{(\alpha, \vec{k})}(\vec{v} \cdot \vec{u}) = \vec{v} \cdot \vec{u}$$

$$R_{(\alpha, \vec{k})}^{-1} = R_{(\alpha, \vec{k})}^T$$

$$R_{(\alpha, \vec{k})} = (1 - \cos \alpha) \mathbf{k} \mathbf{k}^T + \cos \alpha \mathbf{I} + \sin \alpha \mathbf{k}^*$$

$$\mathbf{k}^* = \begin{bmatrix} 0 & -k_z & k_y \\ k_z & 0 & -k_x \\ -k_y & k_x & 0 \end{bmatrix}$$

▶ Escalados

- ▶ No se preservan los ángulos
- ▶ Factores de escala en diagonal principal
- ▶ Inversa: invertir diagonal principal

$$\mathbf{S}_{(s=[sx \ sy \ sz]^T)} = \mathbf{I} \mathbf{s} = \begin{bmatrix} sx & 0 & 0 \\ 0 & sy & 0 \\ 0 & 0 & sz \end{bmatrix}$$

▶ Normales

- ▶ Las normales se trasforman con la traspuesta de la inversa de la transformación lineal

$$\bar{L}(\vec{n}) = \vec{f}^T (\mathbf{L}^{-1})^T \mathbf{c}$$



Trasformaciones afines

- ▶ Sistema de coordenadas para puntos (afín)
 - ▶ Debemos fijar un origen \dot{o}
 - ▶ Cualquier punto se alcanza sumando un vector al punto origen
- ▶ Matrices 4x4
 - ▶ Si la última fila es $[0,0,0,1]$ la matriz transforma un punto en otro
 - ▶ Si la matriz se aplica al sistema de referencia hay un cambio de sistema
 - ▶ Si la última columna es $[0,0,0,1]^T$ la transformación es lineal

$$\dot{p} = \dot{o} + \vec{v} = [\vec{x} \quad \vec{y} \quad \vec{z} \quad \dot{o}] \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} = \vec{f}^T \mathbf{c}$$

$$\dot{p}' = A(\dot{p}) = \vec{f}^T \mathbf{A} \mathbf{c} \quad \mathbf{A} = \begin{bmatrix} a & b & c & d \\ e & f & g & h \\ i & j & k & l \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\vec{f}'^T = \vec{f}^T \mathbf{A}$$

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} \mathbf{L} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0}^T & 1 \end{bmatrix}$$



Trasformaciones afines



▶ Traslaciones

- ▶ Los desplazamientos se indican en la última columna

$$\mathbf{T}_{(tx,ty,tz)} = \begin{bmatrix} & tx \\ \mathbf{I} & ty \\ & tz \\ \mathbf{0}^T & 1 \end{bmatrix}$$

▶ Transformación afín

- ▶ Es una composición de una transformación lineal y un desplazamiento
- ▶ Llamamos transformación rígida cuando la parte lineal es una rotación
- ▶ Siempre están referidas a un sistema de referencia. Transformación respecto a ...

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} \mathbf{L} & \mathbf{t} \\ \mathbf{0}^T & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{I} & \mathbf{t} \\ \mathbf{0}^T & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{L} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0}^T & 1 \end{bmatrix} = \mathbf{T}\mathbf{L}$$

$$\mathbf{A} = \mathbf{T}\mathbf{R}$$

$$\mathbf{A}(\dot{p}, \vec{f}) \neq \mathbf{A}(\dot{p}, \vec{g})$$

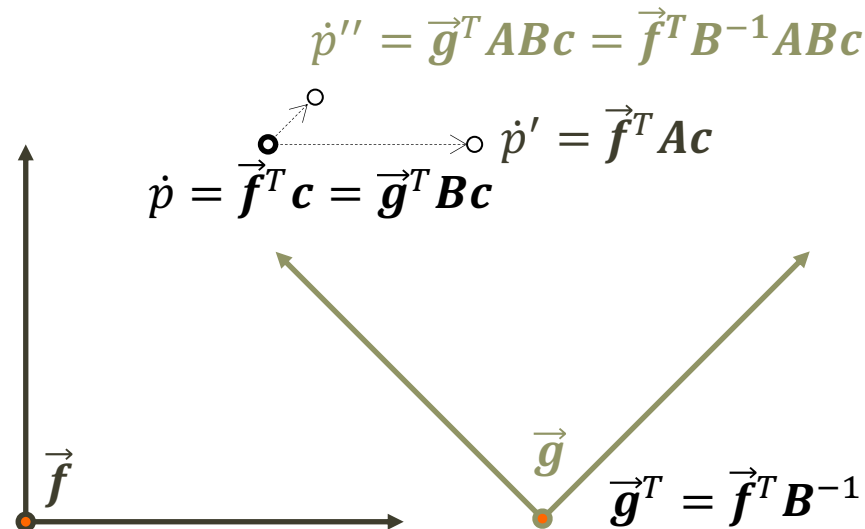
Trasformación afín



$$A = \begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

escalado en x

$$\dot{p}' \neq \dot{p}'' !$$



Sistemas de referencia

► Modelo

- Sistema donde es fácil dar coordenadas o direcciones
- Es compuesto cuando el objeto se compone de partes

► Escena o Mundo

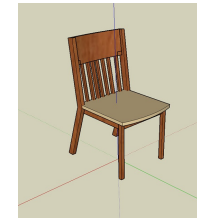
- Sistema “fijo” en el que sitúan los objetos y el observador



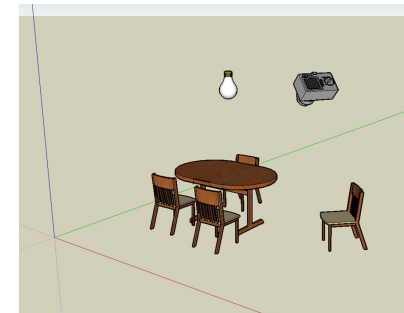
► Observador

- Solidario a la cámara virtual

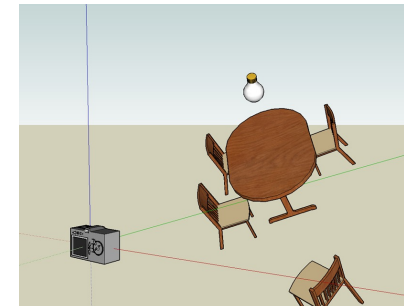
\vec{m}^T



\vec{w}^T



\vec{e}^T



$$\dot{p} = \vec{m}^T p = \vec{w}^T M p = \vec{e}^T V M p$$

trasformación de la vista

trasformación del modelo

Trasformación de normales

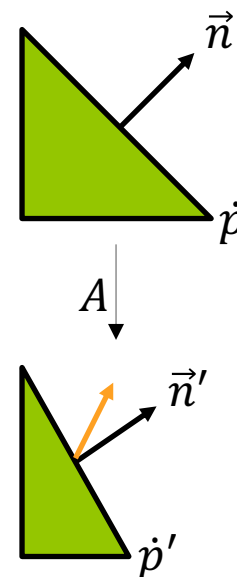


▶ Vectores normales

- ▶ Perpendiculares a la superficie del objeto
- ▶ Muy importantes en iluminación y textura

▶ Matriz de transformación de la normal

- ▶ Al transformar el vector debe conservarse la perpendicularidad
- ▶ La matriz de transformación del objeto no conserva, en general, la perpendicularidad (escalados)
- ▶ Usar la inversa traspuesta



$$\dot{p}' = A(\dot{p}) = \vec{f}^T A c$$

$$\vec{n}' = \vec{f}^T (A^{-1})^T \vec{n}$$



Sección de
Informática
Gráfica | Computer
Graphics
Group
VALENCIA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Resumen

Conceptos fundamentales



- ▶ Imagen, píxel y características
- ▶ Luz, espectro y proceso
- ▶ Percepción visual y color
- ▶ Información gráfica raster y vectorial
- ▶ Software gráfico
- ▶ Vectores y puntos
- ▶ Sistemas de referencia
- ▶ Transformaciones