

Tema 1: Transformaciones de intensidad y filtrado espacial

1.1. Introducción. Modelos de color

- Imagen como representación de una escena. Modelo de imagen
- Esquema general de un sistema de tratamiento de imagen.

Terminología

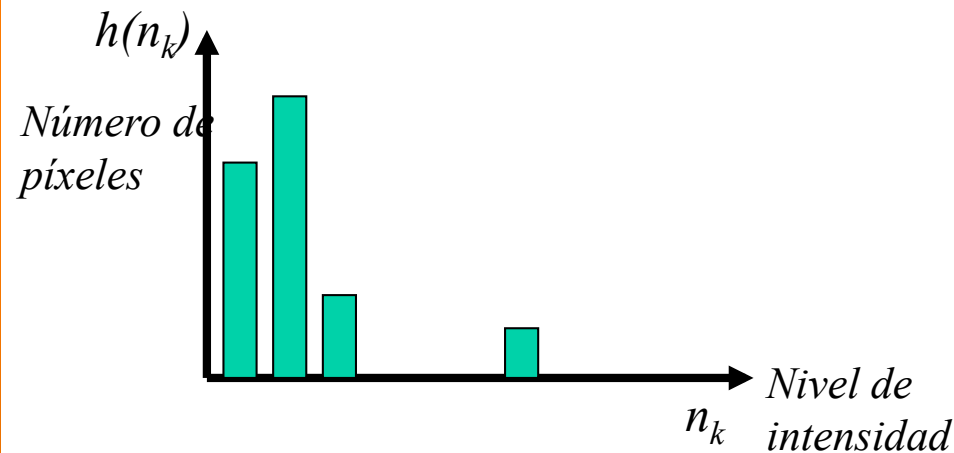
- Algunas aplicaciones del TDI
- El Sistema Visual Humano (SVH)
- La imagen digital. Planos de bit. **Histograma**
- **Color. Modelos de color**

Histograma

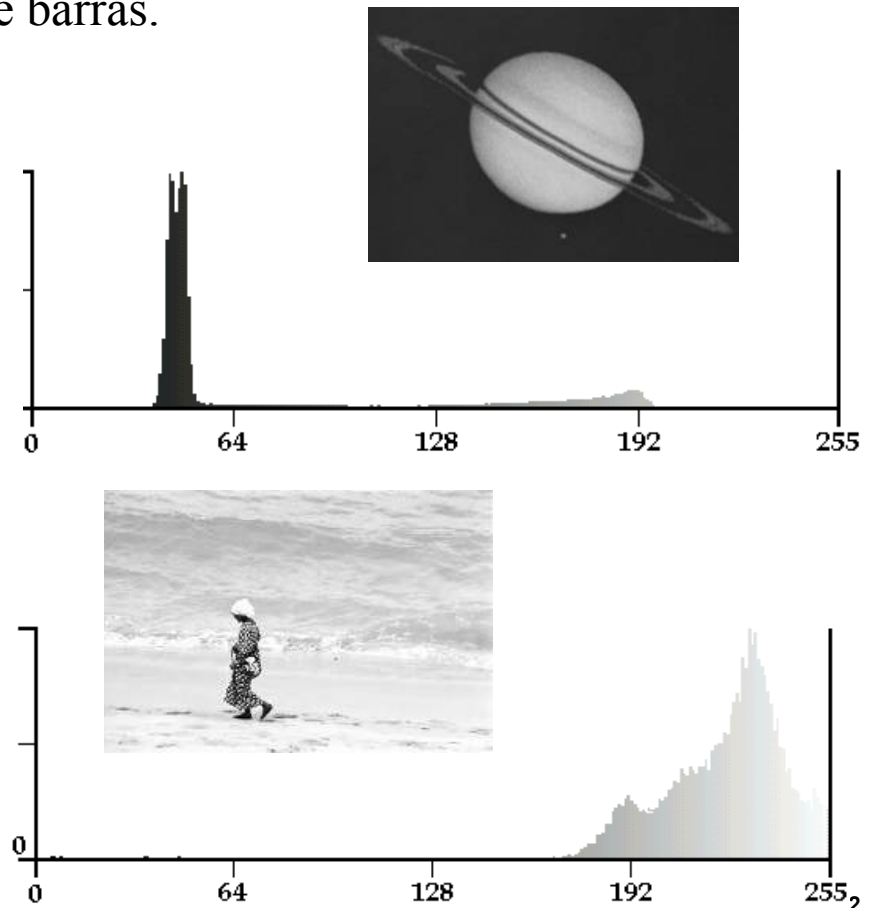


Permite observar la distribución de niveles de intensidad (en imágenes en escala de grises). Representa, para cada nivel de intensidad, el número de píxeles que la imagen tiene con ese nivel.

Un histograma se muestra como un gráfico de barras.



Histograma $h(n_k)$ = número de píxeles con nivel n_k



Conceptos de rango dinámico y contraste (I)



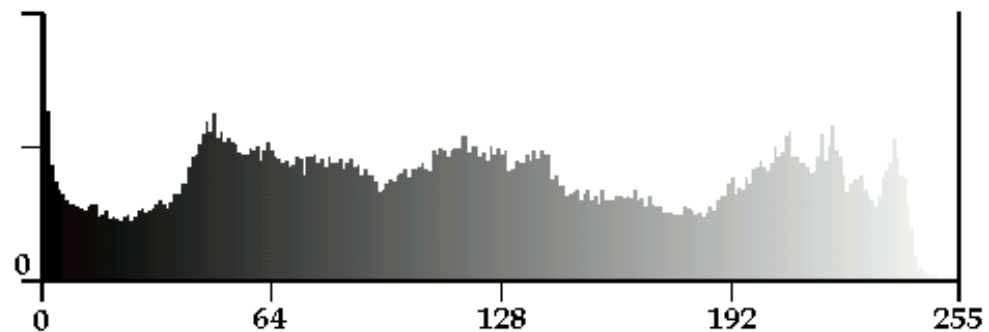
A partir de la inspección visual del histograma, es posible determinar el rango dinámico y contraste de una imagen.

➤ **Rango [Margen] dinámico:** diferencia entre el nivel de intensidad más alto y más bajo.

Un rango dinámico bajo implica que “las barras” del histograma están muy concentradas.

➤ **Contraste:** diferencia relativa de intensidad entre un punto y el de sus “alrededores”.

Cuanto mayor es el contraste de una imagen, más fácil es diferenciar los objetos presentes en la misma.



Conceptos de rango dinámico y contraste (II)



Imagen de bajo rango dinámico y contraste

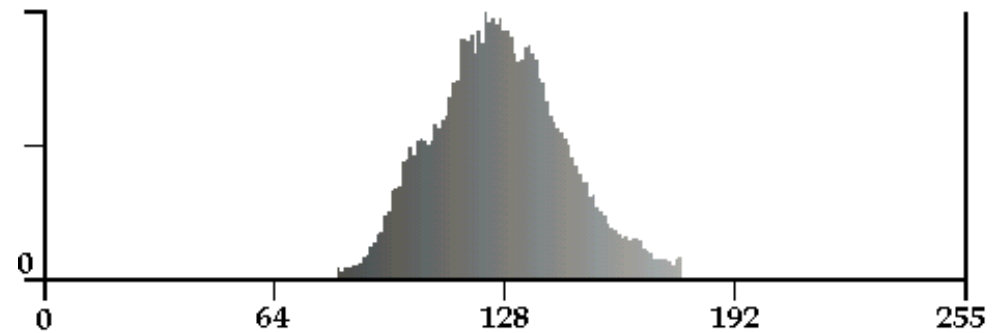
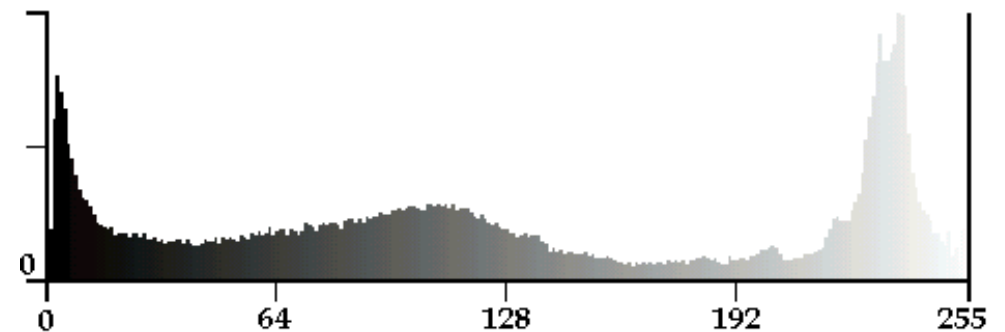


Imagen de alto rango dinámico y contraste



Tema 1: Transformaciones de intensidad y filtrado espacial

1.1. Introducción. Modelos de color

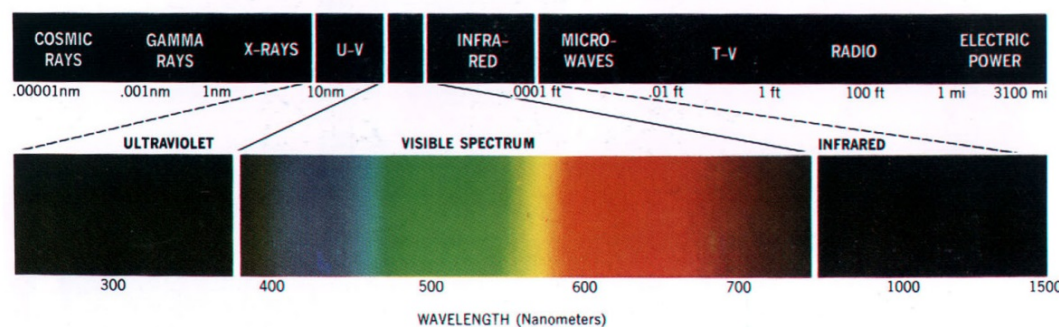
- Imagen como representación de una escena. Modelo de imagen
- Esquema general de un sistema de tratamiento de imagen.

Terminología

- Algunas aplicaciones del TDI
- El Sistema Visual Humano (SVH)
- La imagen digital. Planos de bit. Histograma
- **Color. Modelos de color**

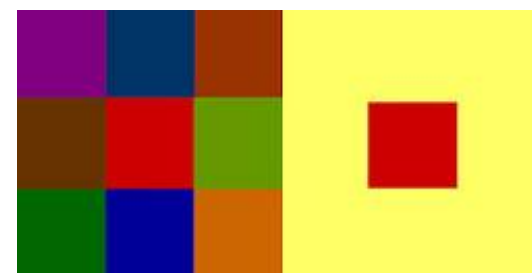
El color y su representación (I)

El ojo es sensible únicamente a la radiación contenida en la banda de 350nm a 780nm (*luz visible*). El color es un **atributo de la percepción visual**, asociado a las diferentes longitudes de onda del espectro electromagnético visible.



Una longitud de onda de 660nm se define como “rojo”. Pero el rojo, o cualquier otro color, no existe; sólo existe una radiación con una determinada longitud de onda a la que el sistema nervioso le atribuye la cualidad “rojo”.

El color es subjetivo (depende del observador, iluminación, color circundante, ...).



Influencia del fondo en la percepción del color



El color y su representación (II)



En los sistemas de procesamiento de imagen, el color no siempre es necesario ...



El color mejora nuestra percepción visual. A un nivel de percepción bajo, aparentemente el color lleva poca información en comparación con la intensidad.

... aunque dependiendo de la aplicación puede resultar imprescindible.



Históricamente, en procesamiento de imagen no se ha dedicado demasiada importancia al color debido al alto coste de los equipos necesarios. No obstante, en el proceso de visión humano, el color es muy importante.

El color y su representación (III)

El color mejora nuestra percepción visual. El ojo humano puede distinguir una amplia gama de colores en comparación con la gama de niveles de gris \Rightarrow somos capaces de percibir más detalles en imágenes en color que en imágenes monocromo.

Imagen en color:

- puede considerarse formada por tres imágenes monocromáticas asociadas a la misma escena \Rightarrow mayor volumen de datos que las imágenes monocromo
- encarecimiento del sistema (cámara, digitalizador, pantalla)



Representaciones del color en función de la

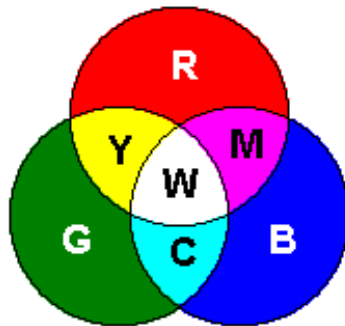
- percepción física: existen conos sensibles a cada una de las 3 longitudes de onda
Rojo (*Red*), Verde (*Green*), Azul (*Blue*) **Modelo RGB**
- percepción psicológica:
Tono (*Hue*), Saturación (*Saturation*), Intensidad (*Intensity*) **Modelo HSI**

Un modelo de color especifica un sistema de coordenadas 3D y un subespacio de ese sistema, donde cada color se representa como un punto.

Obtención de colores (I)

Se puede conseguir un color cualquiera mediante la combinación de otros colores. Este proceso de mezcla de colores puede realizarse de dos formas diferentes, con mezcla aditiva y con mezcla sustractiva.

Mezcla aditiva



Reproduce un color sumando fuentes luminosas de distinta longitud de onda. Colores **primarios** del sistema de mezcla aditiva: **R**, **G** y **B**.

Colores **secundarios**: amarillo (**Y**), cian (**C**) y magenta (**M**). Se obtienen a partir de la suma de dos primarios.

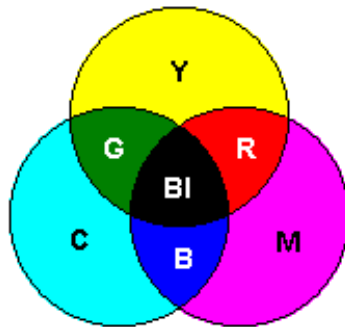
La mezcla de los colores primarios con intensidades aproximadamente iguales produce la sensación de **luz blanca**. La ausencia de luces produce el **negro**.

La mezcla aditiva se utiliza normalmente en dispositivos que **proyectan luz**, como monitores de ordenador, de TV, o proyectores.

Se observan colores distintos al R, G y B por la **integración espacial** del ojo.

Obtención de colores (II)

Mezcla sustractiva



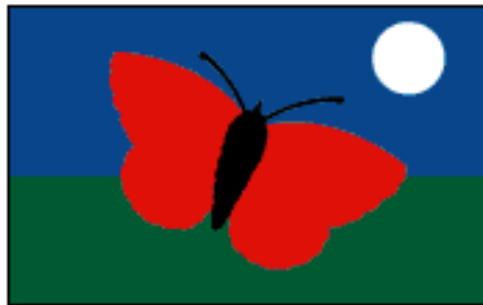
Basada en la combinación de pigmentos (por eso se usa en lienzos e impresoras)

Colores primarios del sistema de mezcla sustractiva: Y, C, M

Colores secundarios: R, G y B

La mezcla en la misma proporción de los colores primarios produce el color negro (Bl)

Ausencia de pigmentos: blanco (W)



Capa magenta



Capa cyan



Capa amarilla

Modelos de color

Para **describir y reproducir** los colores es necesario especificarlos de manera **cuantitativa y objetiva**. El **objetivo** de los modelos de color es facilitar la especificación de colores de una forma normalizada y aceptada genéricamente.

Un modelo de color especifica un sistema de coordenadas 3D y un subespacio de ese sistema, donde cada color se representa como un punto.

Modelos orientados al hardware:

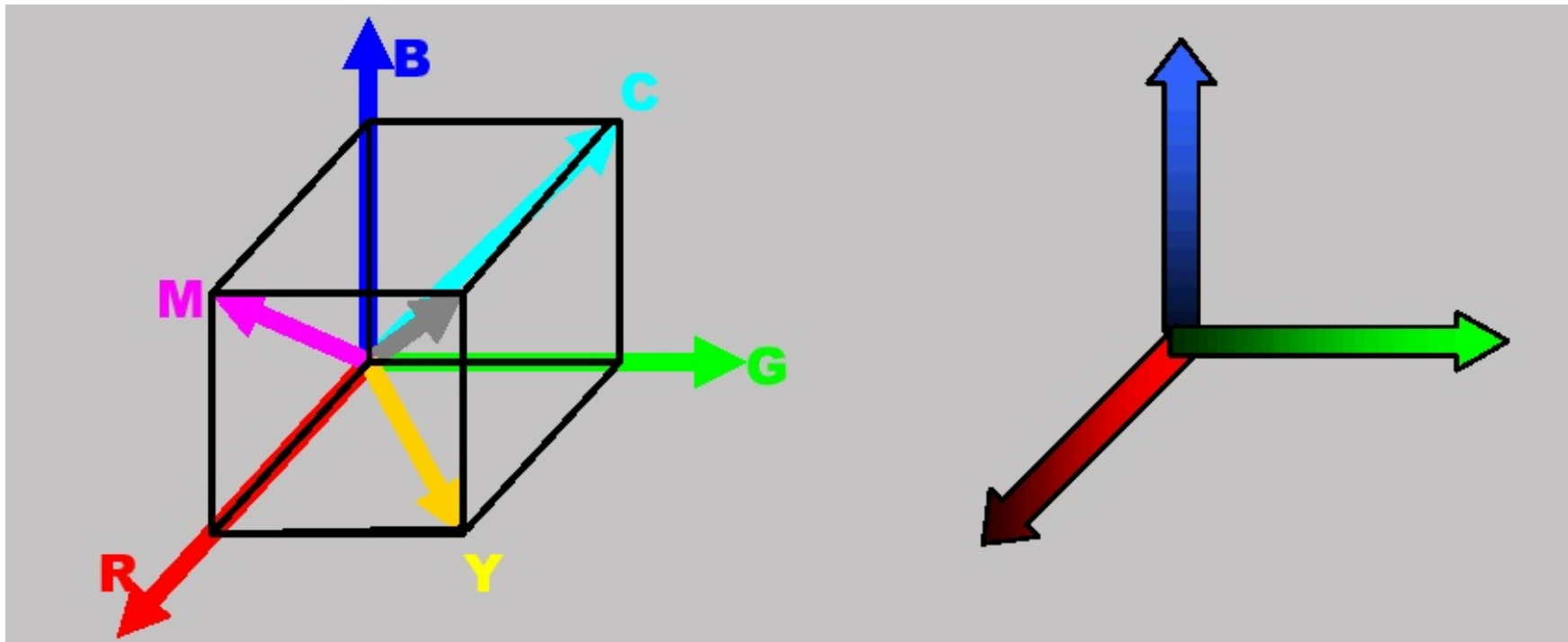
- RGB (*red, green, blue*) para cámaras de vídeo, monitores a color.
- CMY (*cian, magenta, yellow*) para impresoras a color.
- YIQ (Y = luminancia, I = fase, Q = cuadratura) estándar para emisiones de televisión en color.
- YUV

Modelos orientados al procesamiento de imágenes:

- RGB
- HSI (*Hue, Saturation, Intensity*)
- YIQ, YUV

Modelo RGB (I)

Modelo RGB – Representación gráfica del cubo de colores (espacio Euclídeo)

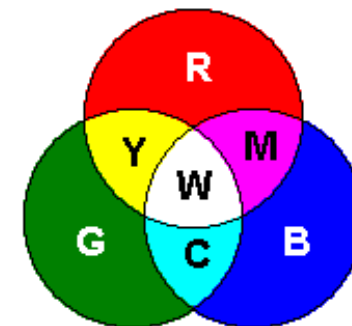


El color *se representa por un vector*, no por un escalar (como la intensidad).
Cada eje principal del espacio 3D corresponde a un color primario. La mínima intensidad es cero y la máxima es 1 si los valores están normalizados (ó 255 si se mantiene el rango de valores codificables con 8 bits).

Modelo RGB (II)

El modelo RGB es recomendable para visualizar el color, pero no tanto para su análisis, ya que: (a) existe mucha correlación entre sus componentes; y (b) la distancia en el espacio de color RGB no representa diferencia de colores tal como el SVH las percibe.

➤ Original en color



➤ Componentes (R,G,B)



Modelo YIQ

- Se utiliza en las emisiones comerciales de TV del sistema NTSC (USA y Japón).
- Se obtiene a partir de una transformación lineal del modelo RGB:

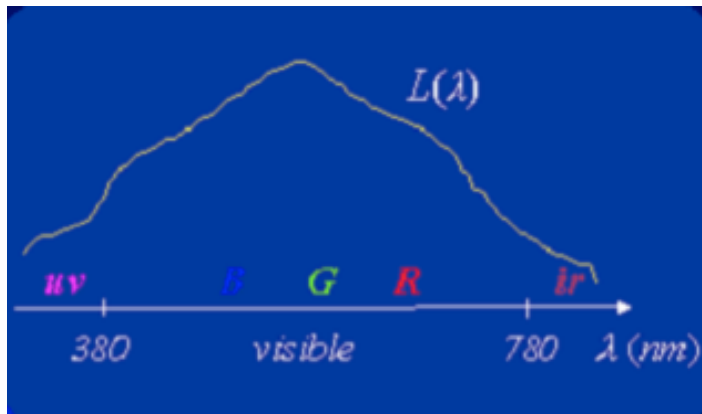
RGB \rightarrow YIQ

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.596 & -0.275 & -0.321 \\ 0.212 & -0.513 & 0.311 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

YIQ \rightarrow RGB

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0,956 & 0,621 \\ 1 & -0,272 & -0,647 \\ 1 & -1,106 & 1,703 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix}$$

*Curva espectral de eficiencia luminosa
[sensibilidad espectral del SVH]*



La componente Y (luminancia), proporciona toda la información necesaria para mantener la compatibilidad con un sistema de TV monocromo.

El modelo YIQ desacopla la información de luminancia (componente Y) de la de crominancia (componentes I y Q).

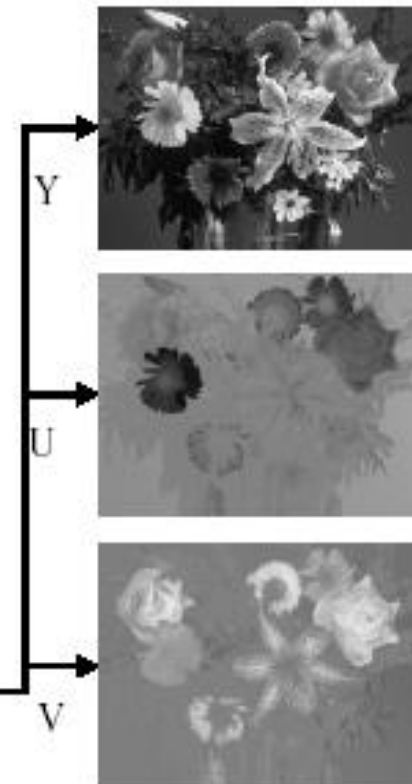
Modelo YUV o modelo YCrCb

- Se obtiene a partir de una transformación lineal del modelo RGB:

RGB \rightarrow YUV

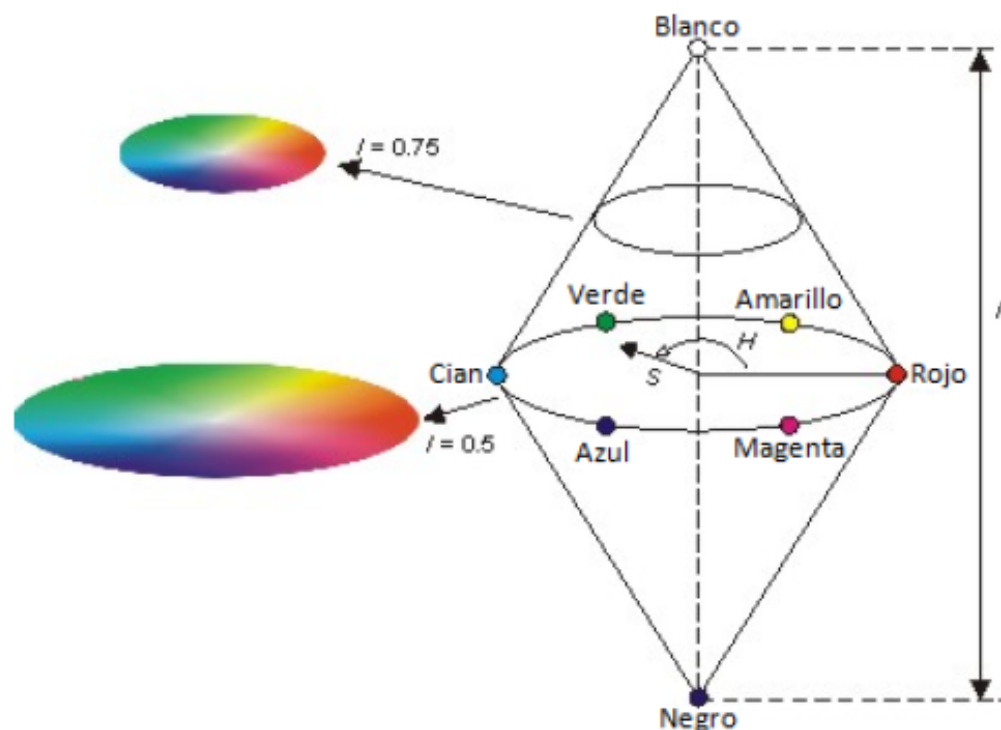
$$\begin{bmatrix} Y \\ U \\ V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -0.147 & -0.289 & 0.436 \\ 0.615 & -0.515 & -0.1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

- Utilizado en radiodifusión de TV del sistema PAL
- Desacopla intensidad (Y) y color (U y V) para compatibilidad con TV monocromo.
- Usado en estándares de codificación digital JPEG y MPEG (más importancia a la componente Y).



Modelo HSI (I)

Guarda relación con la percepción del color del sistema visual humano.



Se define a través de una transformación no lineal del espacio de color RGB.

Tono (H) y saturación (S) definen la *cromaticidad*.

H (hue): Tonalidad del color - corresponde al ángulo respecto al eje del rojo, proporcionando una magnitud de la longitud de onda dominante.

S (saturation): Pureza espectral (viveza del color) - proporciona una medida del grado en el que un color está mezclado con la luz blanca; distancia radial del cono.

I (intensidad): Brillo o Intensidad; se obtiene como la distancia a lo largo del eje perpendicular al plano del color \Rightarrow información acromática.

Modelo HSI (II)

- Tono: asociado con la λ dominante en una mezcla de ondas luminosas.
 - colores sin tono o acromáticos: el blanco, el negro y los grises
- Saturación: pureza relativa o cantidad de luz blanca mezclada con el tono.
 - El grado de saturación es inversamente proporcional a la cantidad de luz blanca añadida.
 - Colores puros del espectro están totalmente saturados, pero colores como el celeste, el rosa, están menos saturados \Rightarrow una saturación baja produce tonos pastel.

Normalizando al color que aparece representado en el cuadro superior izquierdo



Luminosidad fija a 0.5 (50%)

Saturación fija (100%)

Modelo HSI (III)



➤ Original en color



R, G y B, normalizadas en [0, 1].

$$H = \begin{cases} \theta & B \leq G \\ 360 - \theta & B > G \end{cases}, \theta = \cos^{-1} \left\{ \frac{\frac{1}{2}[(R-G) + (R-B)]}{\left[(R-G)^2 + (R-B)(G-B)^{\frac{1}{2}} \right]} \right\}$$

$$\text{Normalizar: } H = \frac{H}{360}$$

$$S = 1 - \frac{3}{(R+G+B)} [\min(R, G, B)]$$

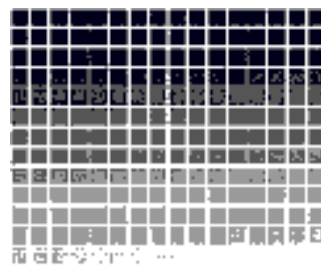
➤ Componentes (H,S,I)

$$I = \frac{1}{3}(R+G+B)$$

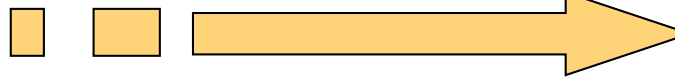


Pseudocolor

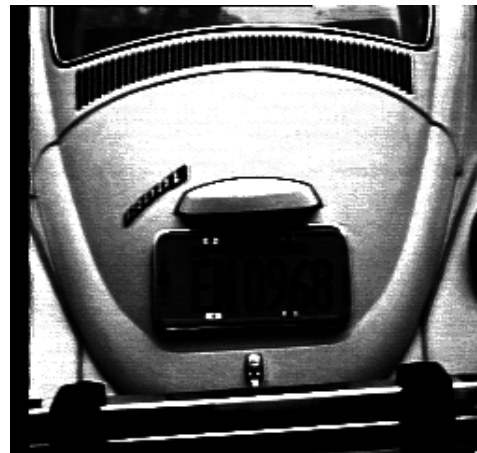
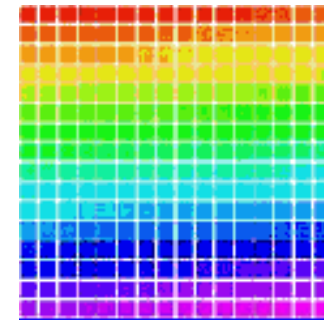
La técnica de pseudocolor (o falso color) asigna colores a una imagen de gris. En este caso, la matriz que representa a la imagen almacena un índice que corresponde a un color. Se denomina “falso color” porque no existe una correspondencia con la longitud de onda dominante.



Color LUT: *Color Look Up Table*
(paleta de colores)



un color (R,G,B) para cada nivel de gris



El pseudocolor puede mejorar la percepción visual, porque el ojo humano distingue muchos más colores que niveles de gris.

Pseudocolor (II)

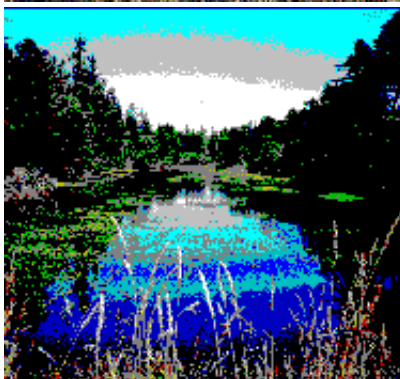


>16 mill.



256

(a)



16

(b)

¿Cuántos colores diferentes se pueden representar en una imagen RGB si cada componente se codifica con $B=8$ bits/píxel?

Nota: es posible que el ojo humano no pueda distinguir una gama de colores tan amplia

¿Cuántos bits/píxel (B) se necesitan para representar esta imagen (a) y (b) si se trata de imágenes en falso color?

(a) 8 bits/píxel; (b) 4 bits/píxel

Si la “paleta de colores” (LUT) es muy pequeña, se apreciarán contornos **artificiales** que **resultan visualmente molestos**.

Requisitos de memoria

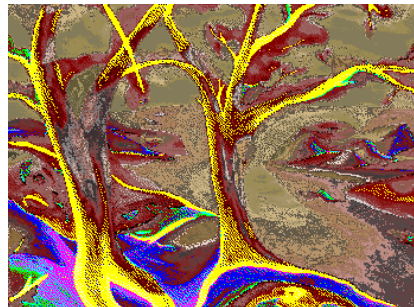
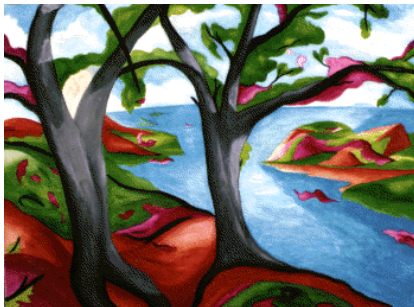
Los requisitos de memoria [bits] de una imagen de tamaño $M \times N$ [píxeles] dependen del tipo de imagen.



Color verdadero (*True color*)

$$M \times N \times B \times 3$$

B: número de bits utilizados para codificar un píxel de cada componente



Paleta de color (falso color)

$$M \times N \times B + \text{bits paleta de color}$$



Escala de gris
(monocromo)

$$M \times N \times B$$



Binaria: blanco y negro

$$M \times N \times 1$$