



Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante

Departamento de Física, Ingeniería de Sistemas y Teoría de la Señal  
Grupo de Automática, Robótica y Visión Artificial



# Modelos de color.

Pablo Gil Vázquez

[Pablo.gil@ua.es](mailto:Pablo.gil@ua.es)

Grupo de Automática, Robótica y Visión Artificial

Universidad de Alicante

<http://www.aurova.ua.es>

Imagen y Vídeo por Computador  
Ingeniería Multimedia. Escuela Politécnica Superior.

# Índice

---



- Introducción
- Modelos de color

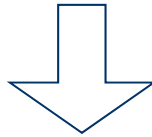


# Introducción

---



El empleo del color mejora las tareas de alto nivel en el procesamiento de imágenes.






Tres veces más de información.  
Similitud con la visión humana.



# Especificación del color I



- Color percibido:
  - Se considera el color como un aspecto de la percepción visual.
    - Matiz A horizontal bar showing a full spectrum of colors from red to violet.
    - Saturación A horizontal bar showing a gradient from gray to bright green.
    - Luminancia A horizontal bar showing a gradient from black to white.
- Color psicofísico
  - Se considera el color como una característica de las radiaciones visibles.
    - Con tres radiaciones es posible generar el resto de tonalidades del espectro cromático.



# Modelos de color



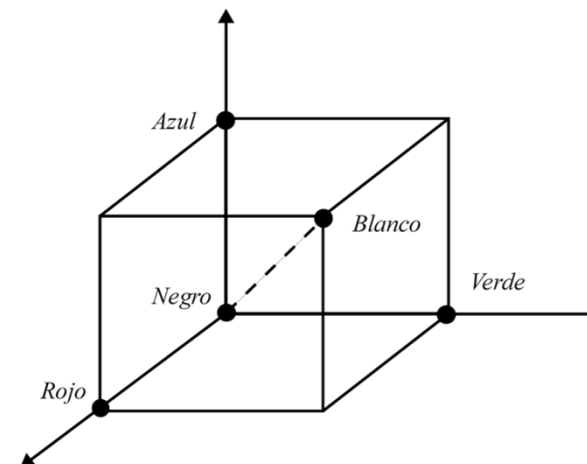
- Los espacios de color proporcionan un método para especificar, ordenar y manipular colores.
- Los espacios son n-dimensional ordenaciones de las sensaciones de color.
- La amplia mayoría de modelos se han desarrollado para aplicaciones específicas.
- Ejemplo de modelos:
  - RGB, XYZ, CMY, CIELAB,...



# RGB I



- Basado directamente en la síntesis aditiva.
- En el espacio RGB el color aparece especificado con cantidades positivas de rojo, verde y azul.
- Empleado en gran cantidad de dispositivos como cámaras, escáneres, monitores, etc.



# RGB II



- La codificación del color suele realizarse en rango  $[0,1]$  ó  $[0,255]$ .
- Ejemplo de codificaciones de color en  $[0,255]$ :



(0,0,0)



(255,255,0)



(255,0,0)



(0,255,255)



(0,255,0)



(255,0,255)



(0,0,255)

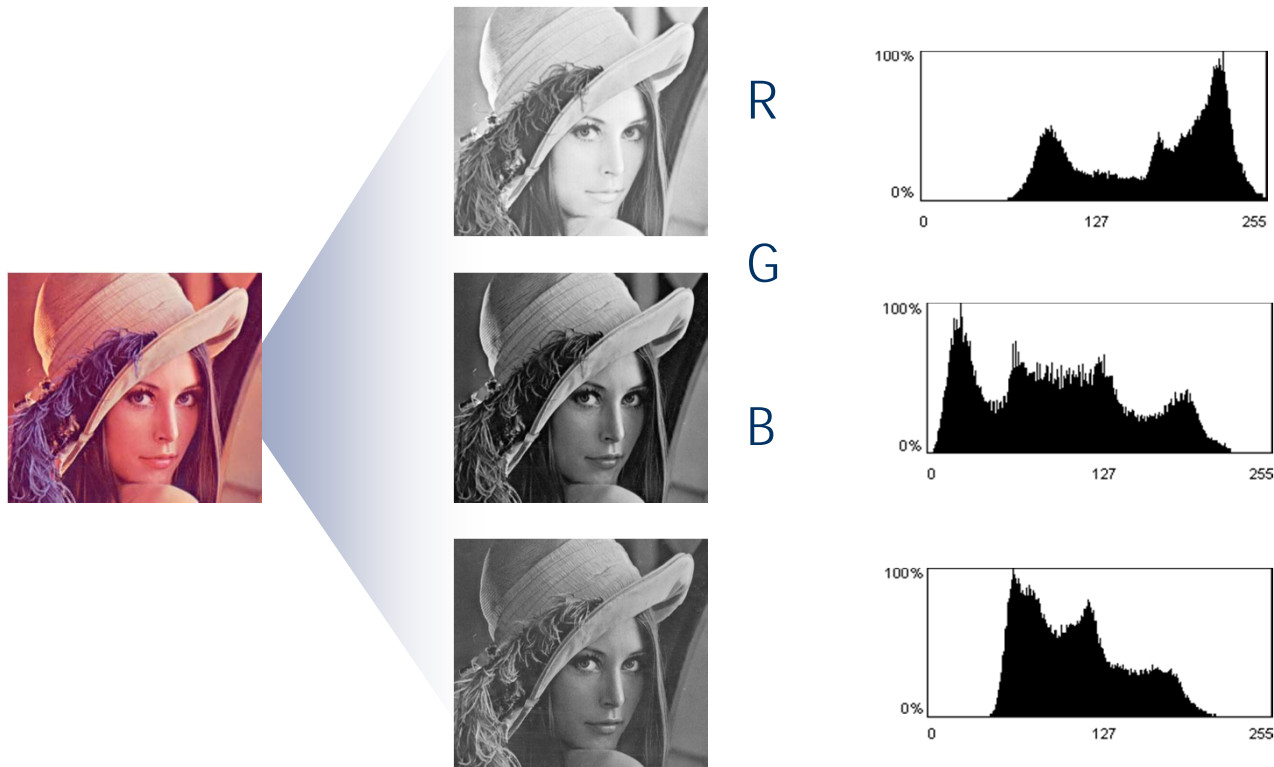


(255,255,255)



# RGB III

- Ejemplo de codificación de una imagen en color en RGB:





# RGB IV



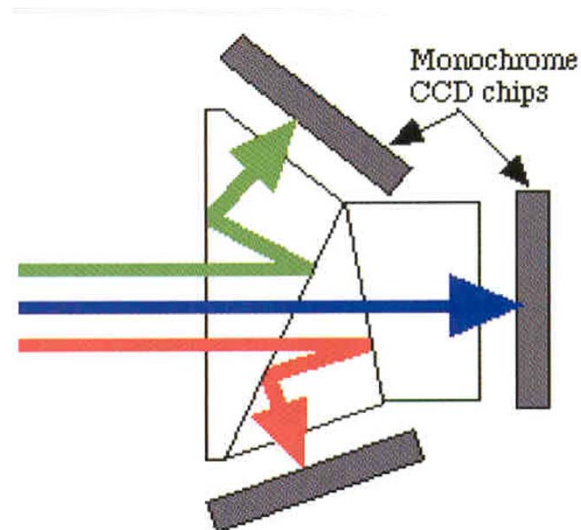
- El modelo de colores RGB es el empleado en la adquisición de las imágenes (cámaras CCD).
  - En estos sistemas existen actualmente dos alternativas:
    - CCD triple.
    - CCD único con exposición triple.



# RGB V



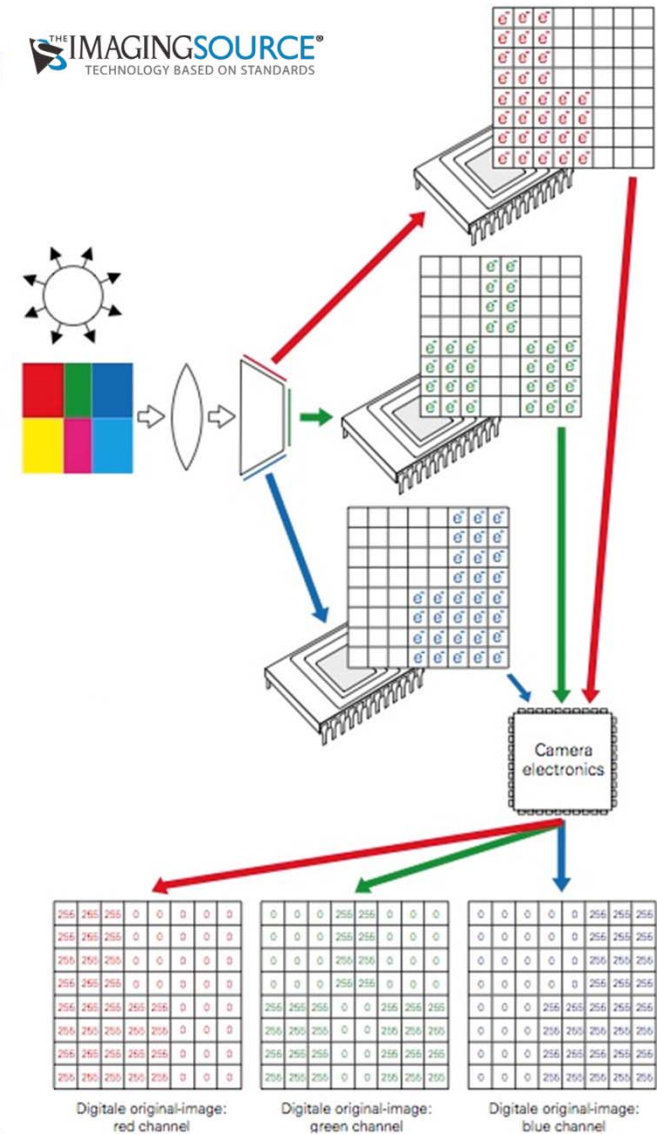
- CCD triple:
  - La luz es descompuesta por prismas ópticos y desviada a tres sensores CCD, uno para cada color básico.
  - Las cámaras tri-CCD son la mejor opción, permiten capturar imágenes en movimiento con una gran resolución y calidad cromática.



# RGB VI

- Cámaras color:
  - 3 array de elementos:
    - Uso de un prisma
    - Más caras
    - Mejores que las de 1 CCD

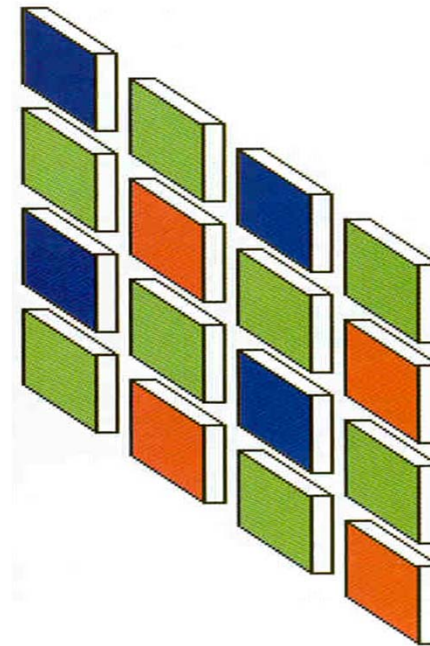
THE IMAGINGSOURCE<sup>®</sup>  
TECHNOLOGY BASED ON STANDARDS



# RGB VII

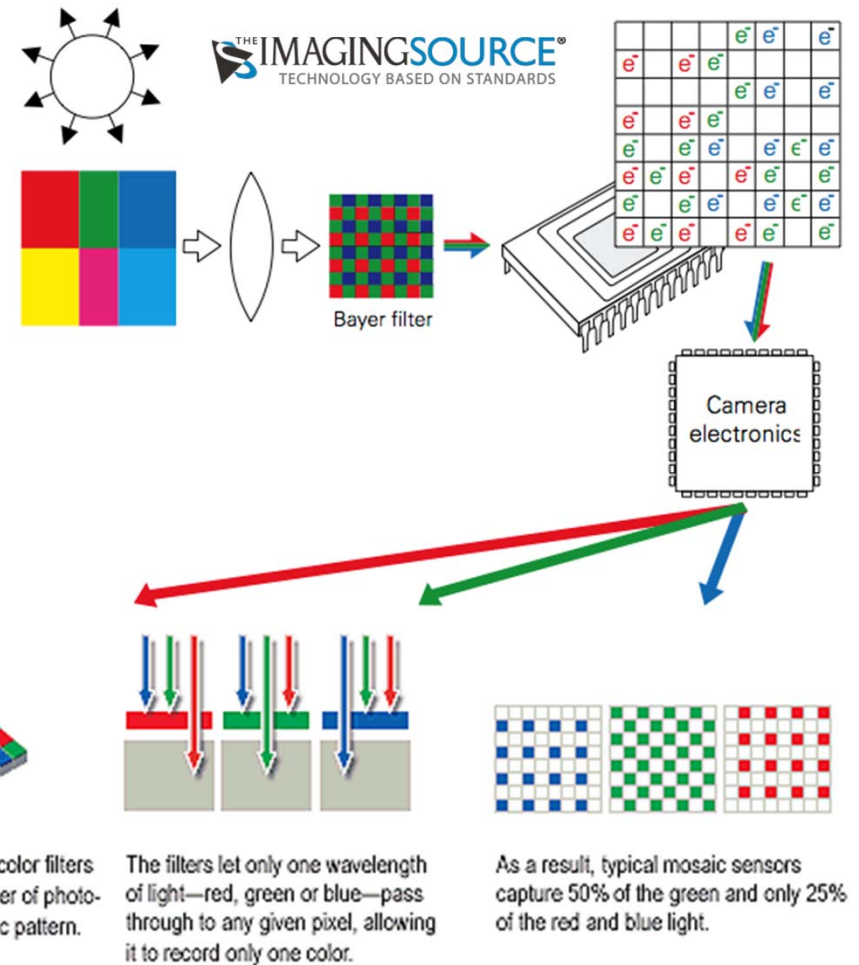


- CCD único con exposición triple:
  - Consiste en un único CCD que es expuesto sucesivamente a los tres colores básicos.
  - El método de exposición triple obtiene una calidad equivalente a un tri-CCD pero sólo en imágenes estáticas.



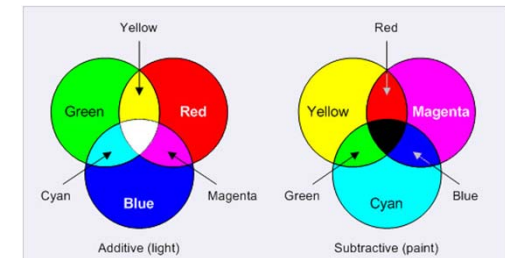
# RGB VIII

- Cámaras color:
  - 1 array de elementos:
    - Filtro Bayer o de mosaico



# CMY

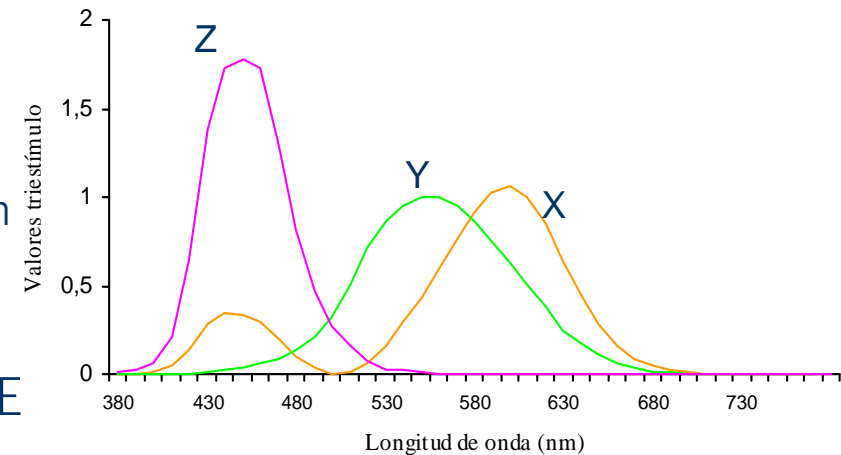
- Espacio de color basado en la síntesis sustractiva del color:
  - Mezcla de colores restando o sustrayendo luz
- El espacio de coordenadas CMY se obtiene por transformación lineal del modelo RGB.
- Se emplea en dispositivos de impresión en los que se suele añadir una componente de tinta negra (K).-> CMYK



# XYZ I



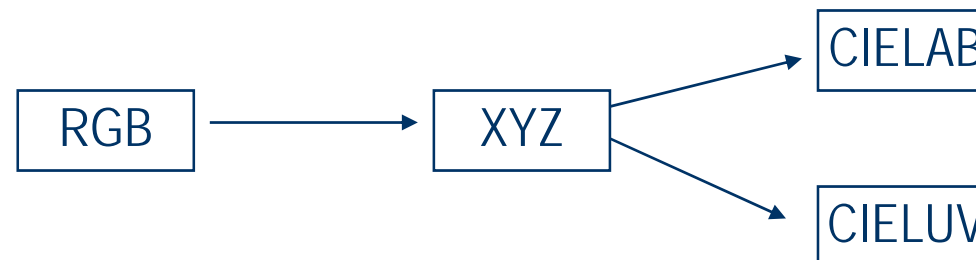
- En XYZ los primarios empleados son imaginarios, no representan ninguna luz física.
  - Representa una estimación de la percepción media de los colores visibles por el ojo humano.
- El espacio XYZ fue introducido por la CIE para evitar los inconvenientes de los triestímulos espectrales R, G y B:
  - Algunos colores sólo pueden reproducirse con cantidades negativas de un estímulo
  - Para buscar la separación de brillo y cromaticidad (ej. blanco y gris misma cromaticidad pero distinto brillo)
  - Y mide la luminosidad del color (su brillo)



# XYZ III



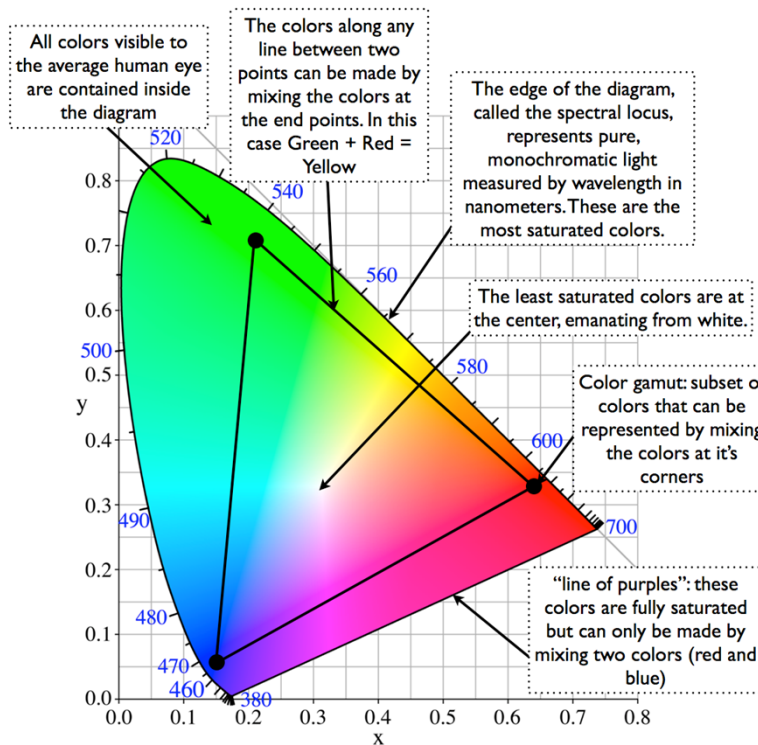
- El modelo XYZ es independiente de dispositivo.
- Suele ser utilizado en la especificación normalizada del color y en los cálculos colorimétricos.
- En procesamiento de imágenes su uso es escaso.
- Suele requerirse para conversiones entre el RGB y otros modelos.
  - Los modelos de color CIELAB y CIELUV son espacios estandarizados por la CIE en 1.976 para lograr una representación perceptualmente uniforme del color.



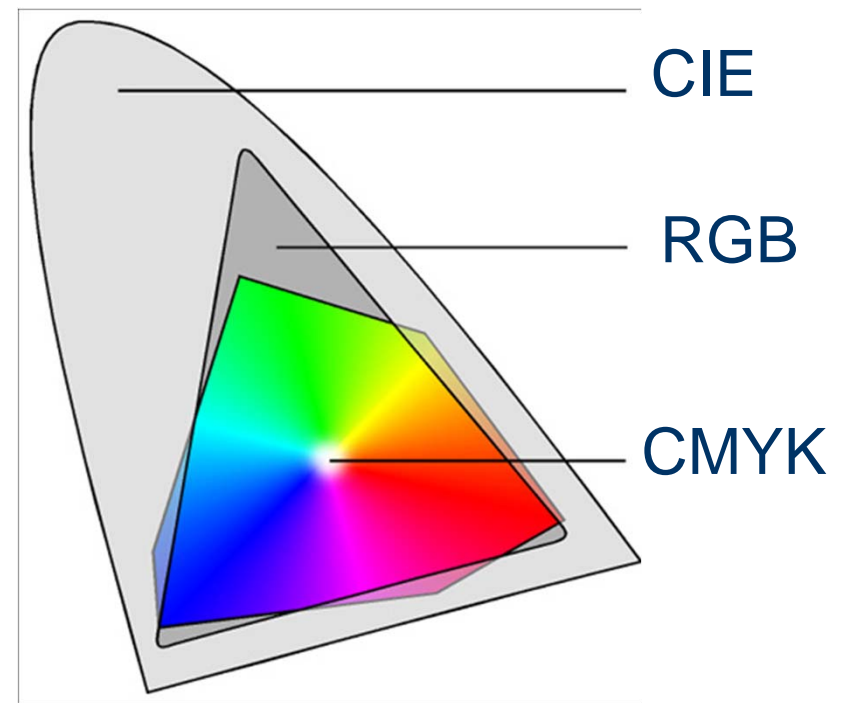


# XYZ II

- El sistema XYZ permite la representación de todos los colores en un diagrama CIE en función de longitudes de onda



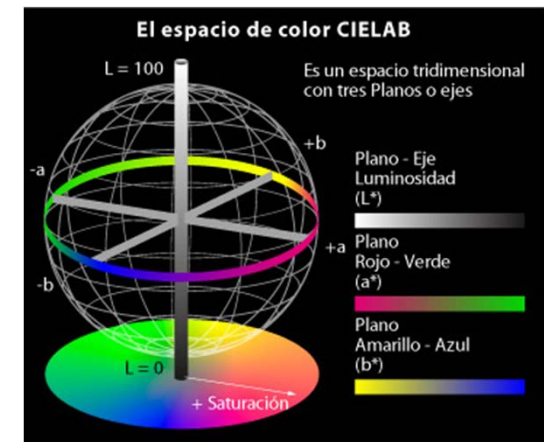
Anatomy of a CIE Chromaticity Diagram



# CIELAB



- La transformación del modelo RGB a espacio CIELAB no es inmediata y las coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  se calculan mediante transformaciones no lineales, haciendo uso del espacio XYZ.
- Cada coordenada representa la luminosidad del color
  - La variable  $L^*$  es una medida de luminancia.
    - $L^* = 0$  negro y  $L^* = 100$  indica blanco difuso; blanco especular puede ser mayor).
    - Si  $a^* = b^* = 0$  entonces  $L^*$  representa la escala de grises
  - $a^*$  definen señales de color rojo/magenta-verde
    - $a^*$ , valores negativos indican verde mientras que los valores positivos indican magenta
  - $b^*$  definen señales de color amarillo-cyan/azul
    - $b^*$ , valores negativos indican cyan y los valores positivos indican amarillo



Valores de referencia del blanco en XYZ

$X_n = 95.047, Y_n = 100.000, Z_n = 108.883$

Conversión para cada valor XYZ

$$L^* = 116f(Y/Y_n) - 16$$

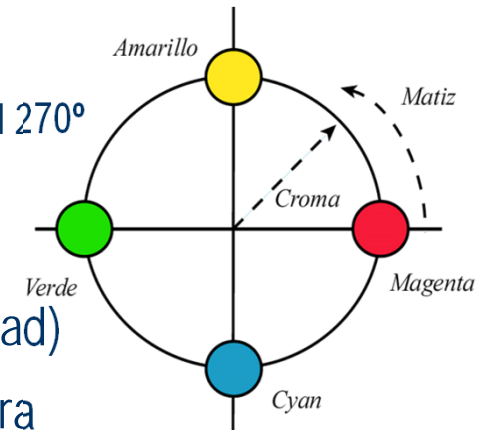
$$a^* = 500[f(X/X_n) - f(Y/Y_n)]$$

$$b^* = 200[f(Y/Y_n) - f(Z/Z_n)]$$



# CIELAB II

- Una representación más intuitiva que  $L^*a^*b^*$  para CIELAB es  $L^*C^*h^*$ .
  - $h$  representa el ángulo de giro (tono o matiz)
    - Magenta/Rojo en  $0^\circ$ , Amarillo en  $90^\circ$ , Verde  $180^\circ$ , Cyan/Azul  $270^\circ$
    - Magenta/Rojo es  $+a$ , Verde es  $-a$
    - Amarillo es  $+b$ , Cyan/Azul es  $-b$
  - $C$  representa el radio o distancia al eje  $L$  (cromaticidad)
  - Su representación es un cilindro en vez de una esfera



Conversión para cada valor XYZ a  $L^*a^*b^*$  y después a  $L^*C^*h^*$

$$L^* = 116 (Y/Y_n)^{1/3} - 16$$

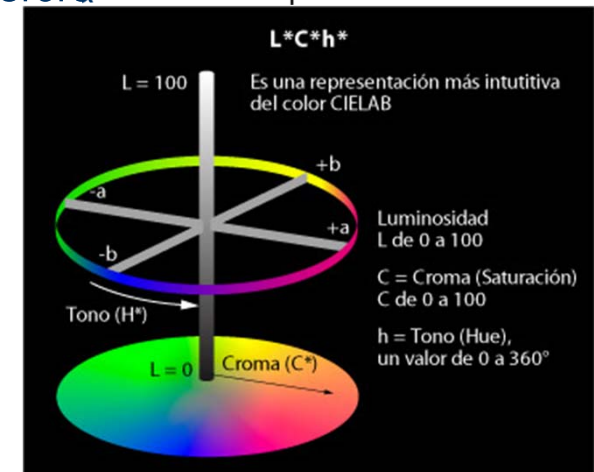
$$a^* = 500 [(X/X_n)^{1/3} - (Y/Y_n)^{1/3}]$$

$$b^* = 200 [(Y/Y_n)^{1/3} - (Z/Z_n)^{1/3}]$$

$$L^* = 116 (Y/Y_n)^{1/3} - 16$$

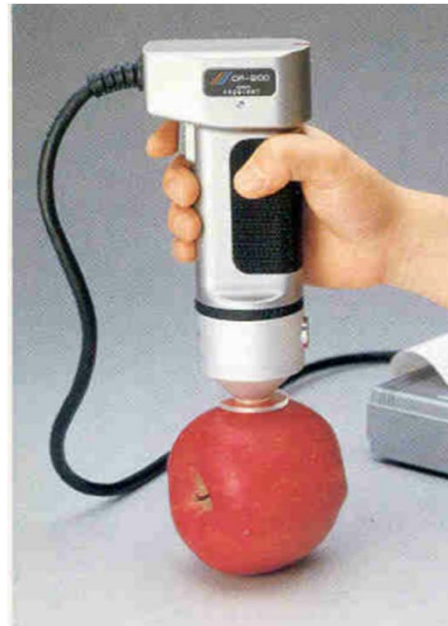
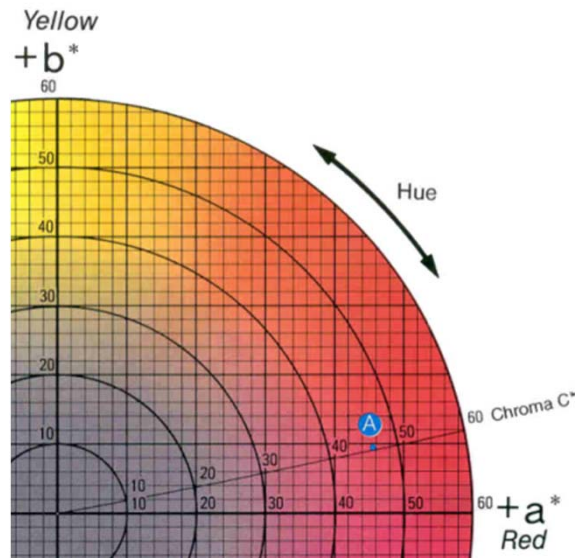
$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

$$h^\circ = \arctan (b^*/a^*)$$



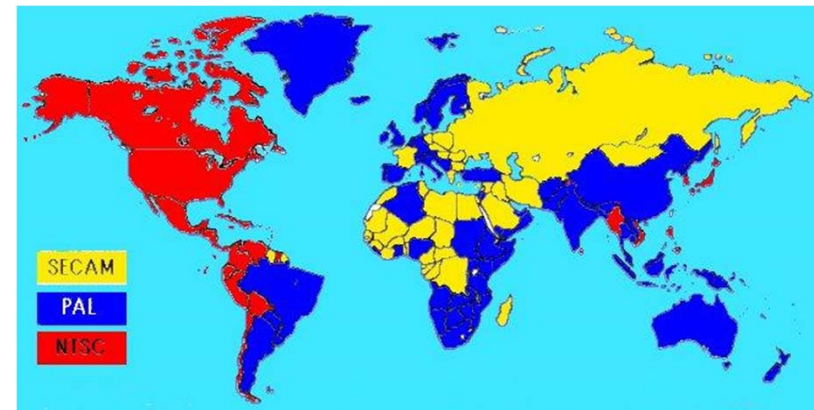
# CIELAB III

- Los modelos CIELAB y CIELUV son espacios empleados en sistemas industriales de medición del color.



# YIQ, YUV I

- Estos sistemas surgieron para la difusión de la señal de televisión.



- Tienen sus origen en una recodificación del espacio RGB (es una transformación línea de aquel) para responder a una característica de la visión humana:
  - Más sensible a los cambios de luminancia que a los cambios de matiz o saturación.
  - Requiere un ancho de banda reducido para la cromaticidad (parámetros miden la diferencia de color)



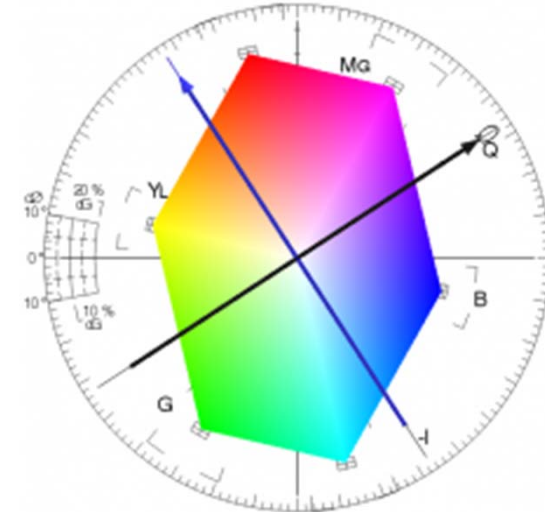


# YIQ, YUV II

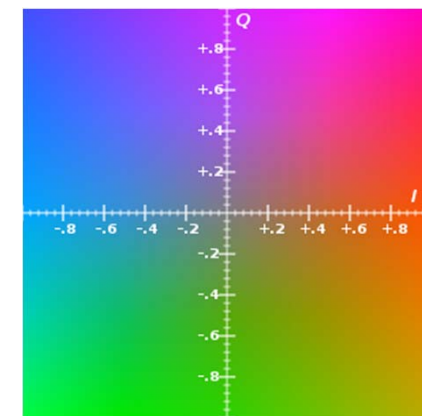
- Codificación de colores: Ambos modelos codifican el color en componente de luminancia Y y en señales IQ o UV, que definen señales de color magenta-verde y amarillo-cyan, respectivamente.
- Sistema de televisión:
  - YIQ: Y(luminancia), I-Q (Cromaticidad).
    - I transmite rangos de color del naranja al azul, Q transmite rangos del púrpura al verde.
    - Mantiene compatibilidad con tv blanco/negro. I y Q representan dos ejes ortogonales en un plano, con valores entre 0 y 1.
    - Sistema NTSC.
  - YUV: Y (luminancia), U-V (Coordenadas dentro del espacio de color)
    - Plano U-V rotado 33° respecto a I-Q

• Sistema PAL y Sistema SECAM.

YIQ frente a RGB



Plano I-Q para Y=0.5



# YIQ, YUV III

- Transformaciones:

De RGB a YUV

$$\begin{bmatrix} Y' \\ U \\ V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,299 & 0,587 & 0,114 \\ -0,147 & -0,289 & 0,436 \\ 0,615 & -0,515 & -0,100 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

De RGB a YIQ

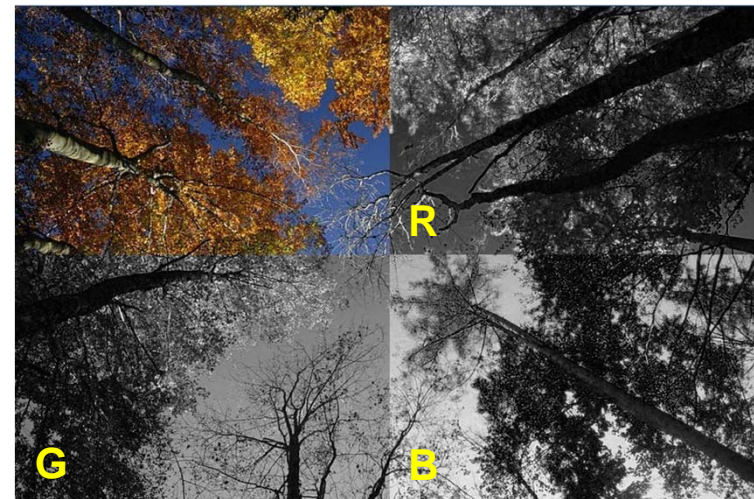
$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,299 & 0,587 & 0,114 \\ 0,596 & -0,274 & -0,322 \\ 0,211 & -0,523 & 0,312 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

De YUV a RGB

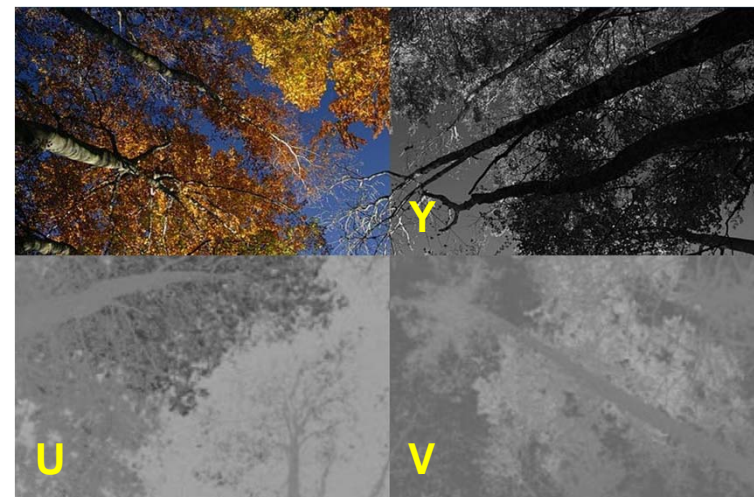
$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1,14 \\ 1 & -0,396 & -0,581 \\ 1 & 2,029 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y' \\ U \\ V \end{bmatrix}$$

De YIQ a RGB

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



RGB



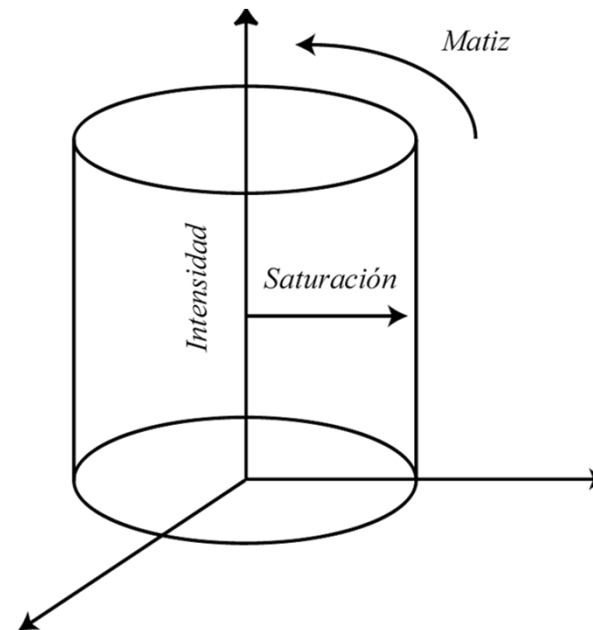
YUV



# HSI I



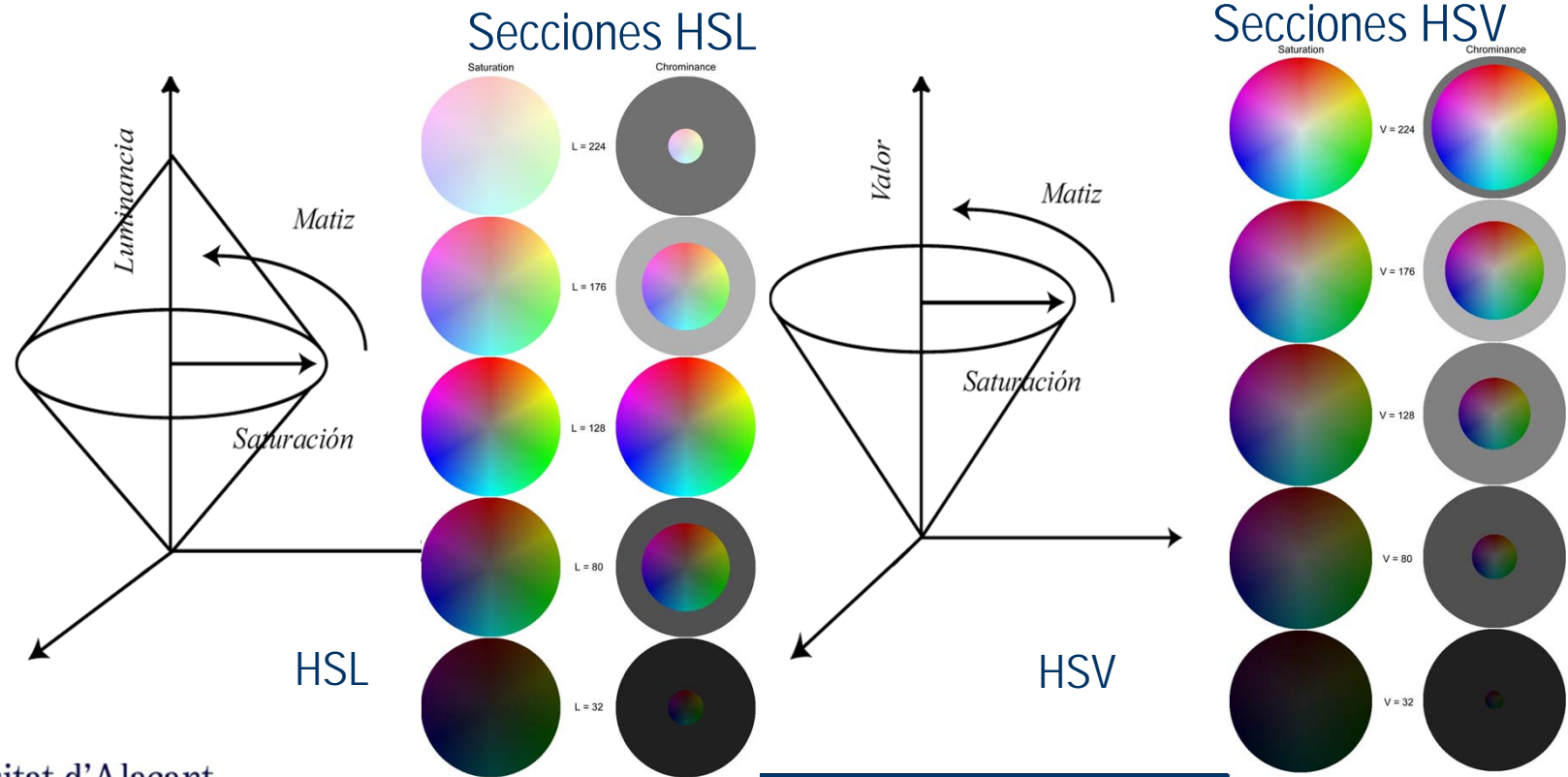
- Las componentes de estos espacios representan a los atributos perceptuales con los que los seres humanos especifican el color percibido: luminancia (Intensity), matiz (Hue) y saturación (Saturation).
- En el espacio, los modelos HSI adquieren representación cilíndrica.
- La familia HSI también suele denominarse como intuitiva u orientada a usuario.





# HSI II

- El modelo general HSI no es el único de la familia intuitiva. Existen otros sistemas específicos:
  - HLS (matiz, luminancia y saturación) y HSV (matiz, saturación y valor).



# HSI III

- Transformaciones (para HSV):

## De RGB a HSV

$$H = \begin{cases} \text{no definido,} & \text{si } MAX = MIN \\ 60^\circ \times \frac{G-B}{MAX-MIN} + 0^\circ, & \text{si } MAX = R \\ & \text{y } G \geq B \\ 60^\circ \times \frac{G-B}{MAX-MIN} + 360^\circ, & \text{si } MAX = R \\ & \text{y } G < B \\ 60^\circ \times \frac{B-R}{MAX-MIN} + 120^\circ, & \text{si } MAX = G \\ 60^\circ \times \frac{R-G}{MAX-MIN} + 240^\circ, & \text{si } MAX = B \end{cases}$$

$$S = \begin{cases} 0, & \text{si } MAX = 0 \\ 1 - \frac{MIN}{MAX}, & \text{en otro caso} \end{cases}$$

$$V = MAX$$



## De HSV a RGB

$$H_i = \left\lfloor \frac{H}{60} \right\rfloor \bmod 6; H \leq 360$$

$$f = \left( \frac{H}{60} \bmod 6 \right) - H_i$$

$$p = V(1 - S)$$

$$q = V(1 - fS),$$

$$t = V(1 - (1 - f)S)$$

$$\text{si } H_i = \begin{cases} 0, & R = V \\ & G = t \\ & B = p \\ 1, & R = q \\ & G = V \\ & B = p \\ 2, & R = p \\ & G = V \\ & B = t \\ 3, & R = p \\ & G = q \\ & B = V \\ 4, & R = t \\ & G = p \\ & B = V \\ 5, & R = V \\ & G = p \\ & B = q \end{cases}$$



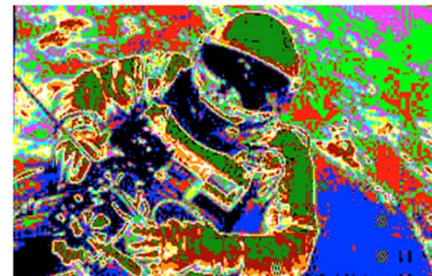
# Pseudocolor I



- Asignar falsos colores a imágenes en escala de gris:
  - Método de las rodajas de intensidad:
    - Es la más sencilla.
    - La imagen en grises se interpreta como una función bidimensional en la que los ejes X e Y son la anchura y altura de la imagen en píxeles y el eje Z la intensidad de gris (entre 0 y 255 si usamos un byte por píxel).
    - El método consiste en dividir con una serie de planos paralelos al XY distintos niveles de intensidad de gris y a cada nivel que queda entre los espacios interplanos (capas) se le asigna un color arbitrario.
    - No conviene, sin embargo, usar un número de planos excesivo



4 planos



10 planos

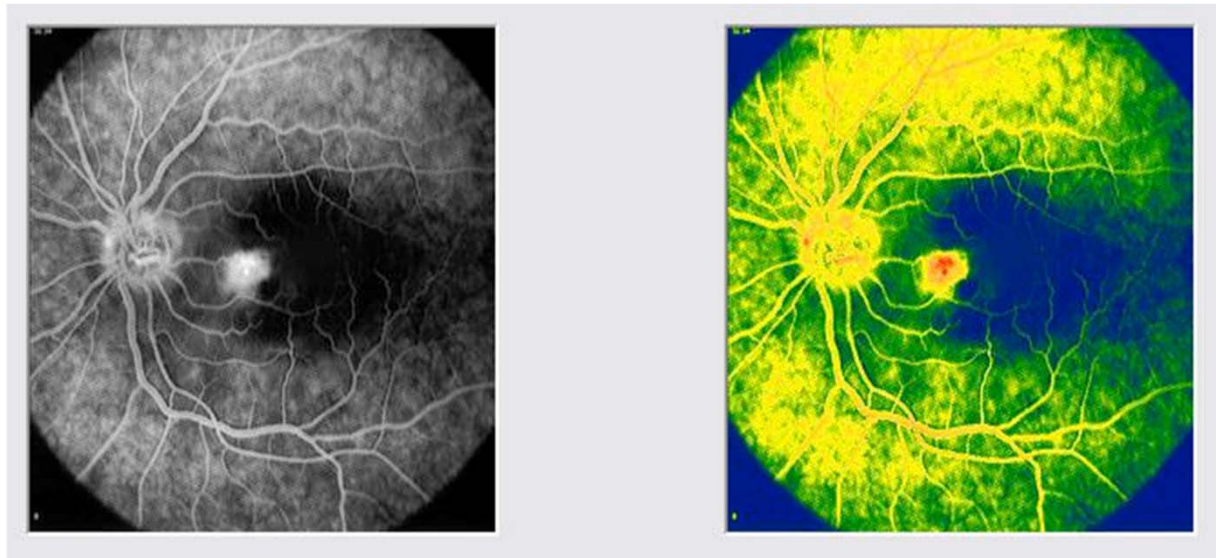
Fuente: [http://www.uv.es/gpoei/eng/Pfc\\_web/generalidades/pseudocolor/pseudocolor.htm](http://www.uv.es/gpoei/eng/Pfc_web/generalidades/pseudocolor/pseudocolor.htm)



# Pseudocolor II



- Asignar falsos colores a imágenes en escala de gris:
  - Transformación del nivel de gris a color:
    - Consiste en realizar tres transformaciones independientes del nivel de gris en colores separados de rojo, verde y azul.



Fuente: Victor Image Processing Library is a trademark of Catenary Systems.



# Resumen de modelos de color



Espacios de color		
Modelos	Características	Aplicaciones
XYZ	Triestímulos positivos.	Cálculos colorimétricos.
RGB	No uniforme. Teoría tricromática.	Almacenamiento, procesamiento y codificación. Análisis de imágenes.
YIQ, YUV	No uniformes.	Transmisión en televisión, comprensión.
CIELAB CIELUV	Uniformes.	Sistemas industriales de medida del color. Evaluación en la diferencia de color. Análisis de imágenes.
HSI	Orientado a usuario.	Percepción humana del color. Multimedia y análisis de imágenes.







© Grupo de Automática, Robótica y Visión Artificial



Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante

<http://www.aurova.ua.es>