

# Computación Gráfica

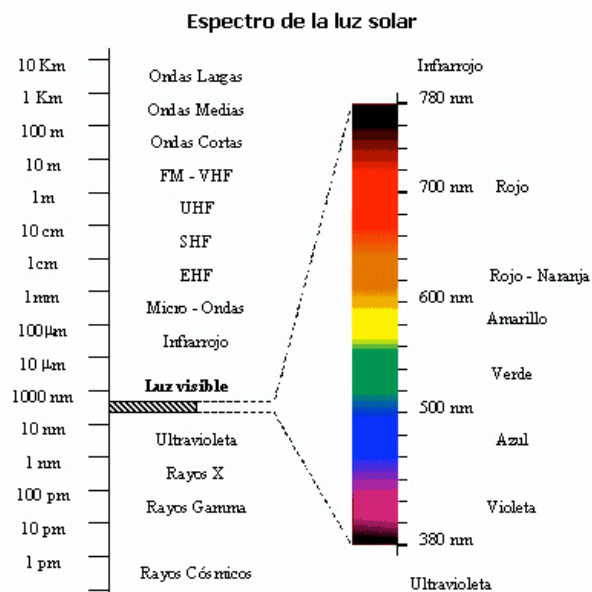
Patricio.Inostroza@dcc.uchile.cl

pinostro@dcc.uchile.cl

1

## Propiedades de la luz

- El ojo humano percibe la energía electromagnética cuyo largo de onda este en el rango de 400 a 700 nm
- Este rango corresponde a la llamada luz visible



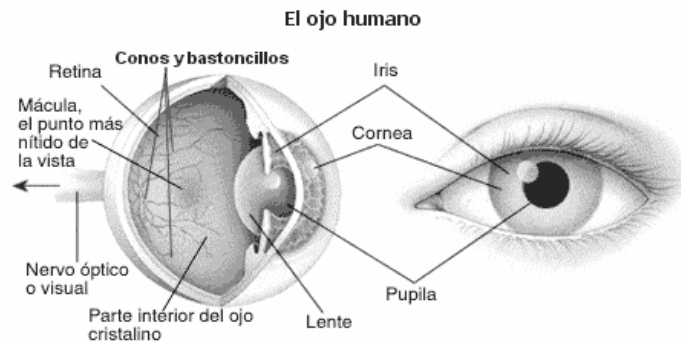
pinostro@dcc.uchile.cl

2

2

# Estructura del ojo

- Retina:
  - La parte fotosensible del ojo.
  - Esta compuesta de
    - Bastones
    - Conos

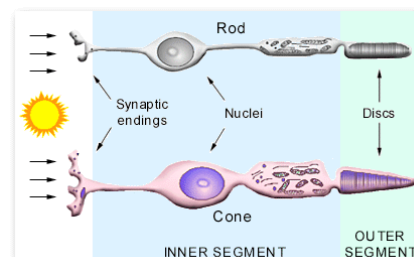


3

3

# Estructura del ojo

- Conos:
  - Responsables de la percepción del color
  - Están mayoritariamente concentrados en la región del ojo llamada fovea
  - 6 millones
- Bastones
  - Permiten ver en blanco, negro y tonalidades de gris
  - Da información sobre la forma del objeto
  - 100 millones

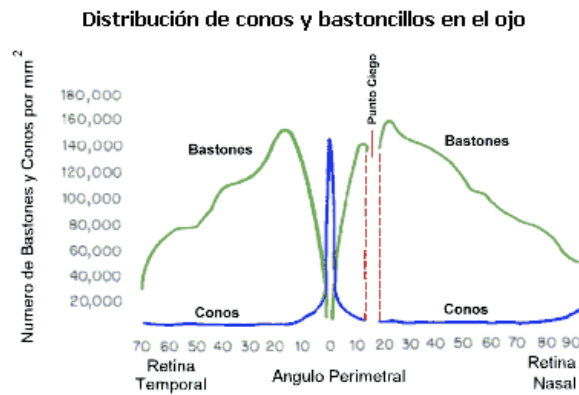


4

4

## Estructura del ojo

- Hay tres tipos de conos: S, M, L
- Tienen una fuerte equivalencia a un sensor azul, verde y rojo
- Se encuentran mayoritariamente en la fovea

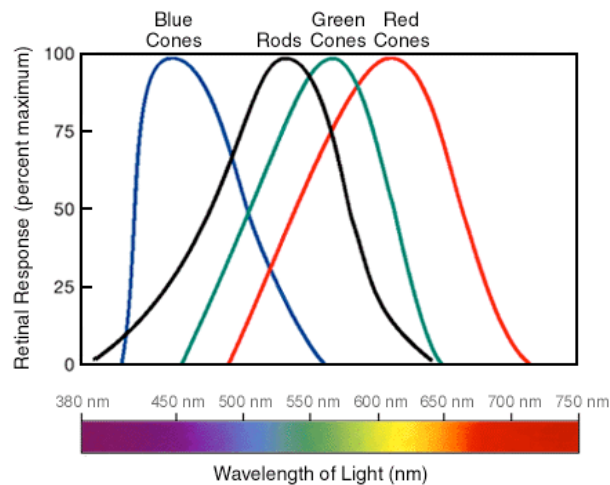


5

5

## Estructura del ojo

- Pick de sensibilidad para un observador 'promedio': 430 nm, 560nm y 610 nm



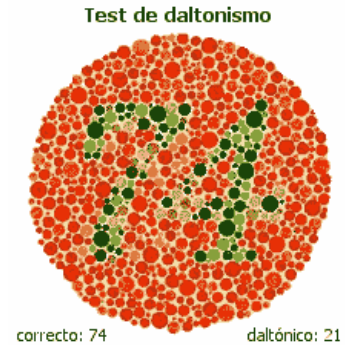
pinostro@dcc.uchile.cl

6

6

# Daltonismo

- Daltonismo o irregularidad en la percepción del color.
- La longitud de onda de un color es exacta
- La interpretación del color es subjetiva



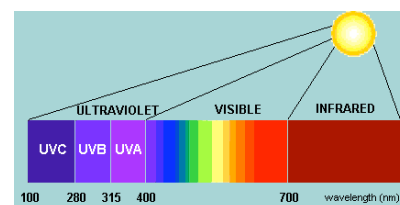
pinostro@dcc.uchile.cl

7

7

# Propiedades del ojo

- Ojo humano:
  - Sería posible de distinguir 10 millones de colores
  - Más sensible a la luz amarilla/verde que a la roja/azul (6:1)
  - Mayor percepción cromática en colores extremos (rojo/azul) que en centrales (amarillo/verde)
    - Diferencia de matices/colores

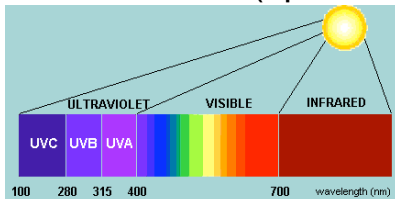


pinostro@dcc.uchile.cl

8

# Propiedades del ojo

- Ojo humano:
  - Resolución monocromática mayor que la cromática
    - Se distinguen mejor las variaciones de gris que de color
  - Percepción de la luz es no lineal
    - Casi logarítmica
    - Basta un 18% de reducción de luminosidad (real) para una percepción de un 50% (aparente)



pinostro@dcc.uchile.cl

9

9

# Propiedades del ojo

- Ojo humano:
  - Codifica el contraste y no la luminancia
    - El número de fotones de diferentes frecuencias no influye pero si la relación entre estos.
    - Tecnológicamente, hay que preocuparse más de las diferencias que de los valores absolutos.

La luminosidad  
aparente varía  
según el contorno

pinostro@dcc.uchile.cl

10

10

# Modelo de Color

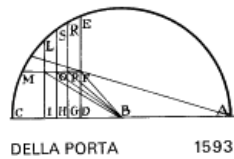
- Modelo matemático abstracto utilizado para describir el color como tuplas de números
  - Típicamente tres o cuatro valores
- Ejemplo:
  - Cubo RGB
  - CMYK, para impresoras

# Modelo de color

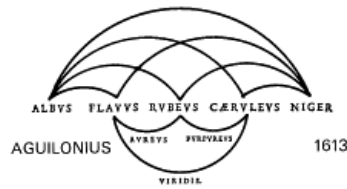
- Se ha definido variados modelos de color:
  - El cubo rgb
  - CMY, para impresoras
  - YIQ y YUV en la televisión
  - HLS y HLV
  - ...
- Entre ellos hay correspondencia
  - Es posible pasar de un modelo a otro

# Modelo de Color

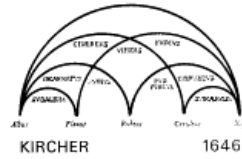
- Compilación de modelos realizada por F. Gerritsen: <http://www.colorcube.com/articles/models/model.htm>



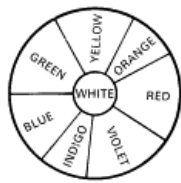
DELLA PORTA 1593



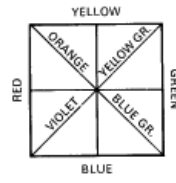
AGUILONIUS 1613



KIRCHER 1646

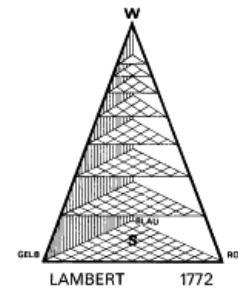


NEWTON 1660



WALLER 1686

pinostro@dcc.uchile.cl



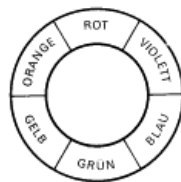
LAMBERT 1772

13

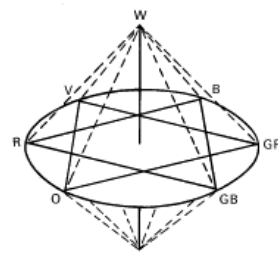
13

# Modelo de Color

- Compilación de modelos realizada por F. Gerritsen: <http://www.colorcube.com/articles/models/>



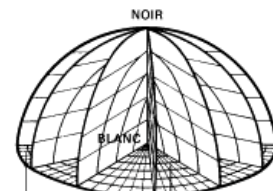
GOETHE 1793



RUNGE 1810



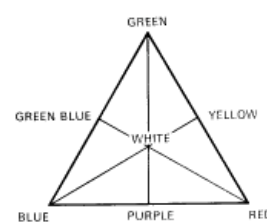
HERSCHEL 1817



CHEVREUL 1839



SCHREIBER 1840



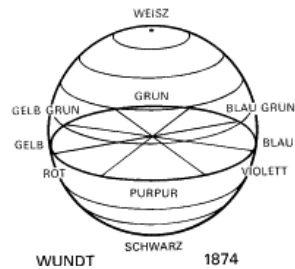
MAXWELL 1857

14

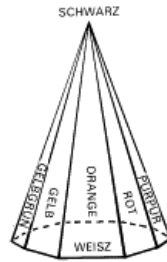
14

# Modelo de Color

- Compilación de modelos realizada por F. Gerritsen: <http://www.colorcube.com/articles/models/>



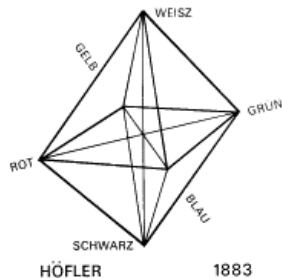
WUNDT 1874



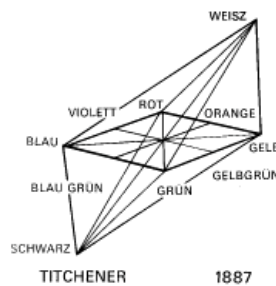
TITCHENER 1887



ROOD 1879



HÖFLER 1883



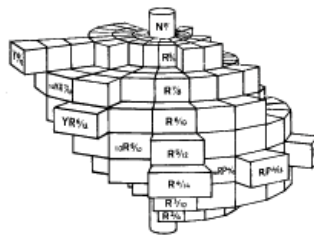
ROOD 1910

15

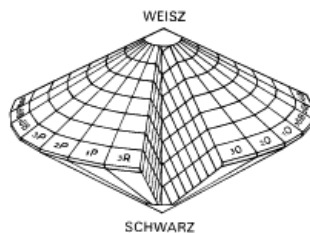
15

# Modelo de Color

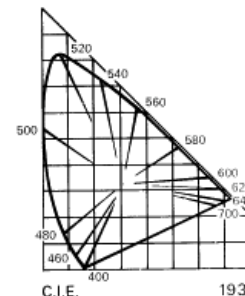
- Compilación de modelos realizada por F. Gerritsen: <http://www.colorcube.com/articles/models/model.htm>



MUNSELL 1915



OSTWALD 1917



C.I.E. 1931

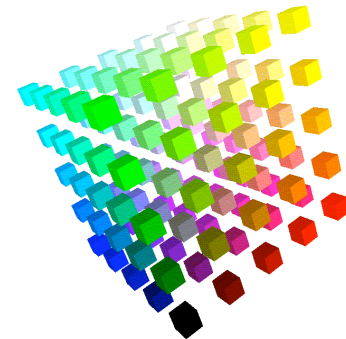
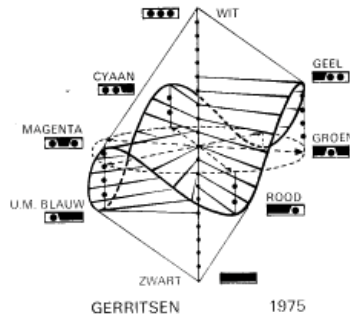
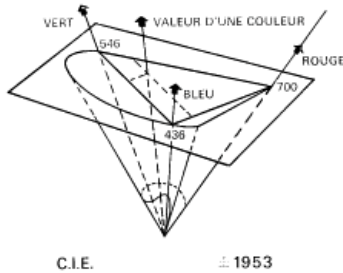
16

16



# Modelo de Color

- Compilación de modelos realizada por F. Gerritsen: <http://www.colorcube.com/articles/models/>



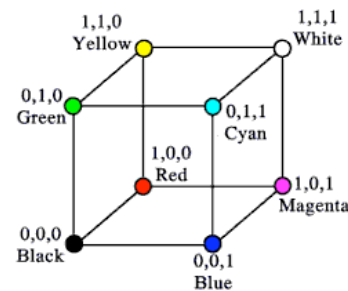
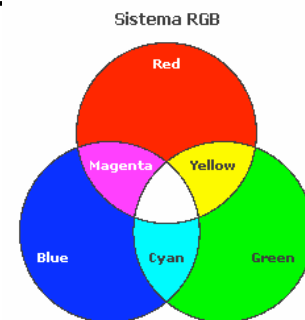
pinostro@dcc.uchile.cl

17

17

## El cubo RGB

- El modelo aditivo usado en computación gráfica
- En tres de sus vértices se ubican los colores rojo (R), verde (G) y azul (B)
- Conocido como Cubo RGB
  - Rojo: (1, 0, 0)
  - Verde: (0, 1, 0)
  - Azul: (0, 0, 1)
- Otros vértices:
  - Blanco: (1, 1, 1)
  - Negro: (0, 0, 0)
  - Cyan: (0, 1, 1)
  - Magenta: (1, 0, 1)
  - Amarillo: (1, 1, 0)










pinostro@dcc.uchile.cl

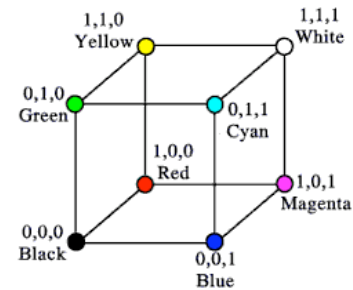
18

18

# El cubo RGB

- Dos son las notaciones más usadas en el cubo rgb
  - Decimal y hexadecimal

hexadecimal	Notaciones RGB	decimal
#A52A2A		165, 42, 42
#DEB887		222, 184, 135
#5F9EA0		95, 158, 160
#7FFF00		127, 255, 0
#D2691E		210, 105, 30
#FF7F50		255, 127, 80
#6495ED		100, 149, 237



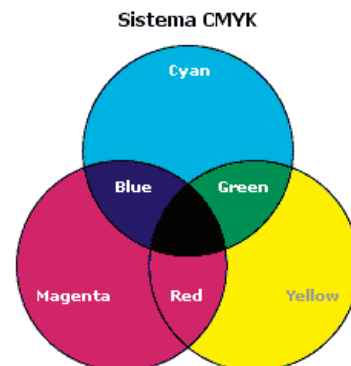
pinostro@dcc.uchile.cl

19

19

# Color en la impresora: CMY

- El color en un papel corresponde al color que refleja
  - El resto de los colores son absorbidos
- Se utiliza el modelo de color (sustractivo) CMYK
  - Cyan, magenta, amarillo, negro
- Se incorporó el negro para obtener una buena calidad en la impresión



pinostro@dcc.uchile.cl

20

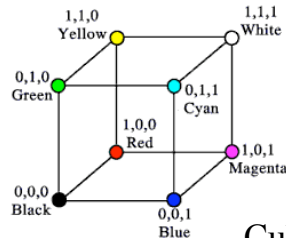
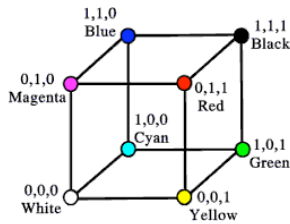
20

# Color en la impresora: CMY

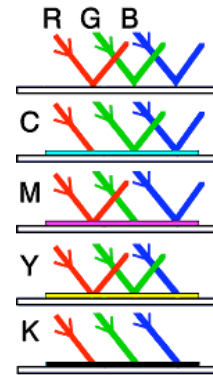
- Equivalencia c/r al modelo RGB

$$\begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

Cubo CMY



Cubo RGB



Esta conversión es teórica. En la práctica surgen problemas: las tintas no son perfectas

[pinostro@dcc.uchile.cl](mailto:pinostro@dcc.uchile.cl)

21

21

# Color en la TV: YIQ

- YIQ: modelo utilizado por la TV abierta a color NTSC
- Este modelo compatible con el TV Blanco/Negro
  - Extensión que explota las característica de sistema visual humano
  - Maximiza el uso del ancho de banda
- Y ó luminancia:
  - Única componente que utiliza el TV Blanco/Negro
- I y Q ó crominancia:
  - formada por la diferencia entre la luminancia con el rojo (R-Y) y el azul (B-Y).

[pinostro@dcc.uchile.cl](mailto:pinostro@dcc.uchile.cl)

22

22

## Color en la TV: YIQ

- Equivalencia c/r al modelo RGB

$$Y = 0.299 R + 0.587 G + 0.114 B$$

$$I = 0.74 (R - Y) - 0.27 (B - Y)$$

$$Q = 0.48 (R - Y) + 0.41 (B - Y)$$

- En forma matricial

$$\begin{pmatrix} Y \\ I \\ Q \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.596 & -0.274 & -0.322 \\ 0.212 & -0.523 & 0.311 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0.956 & 0.621 \\ 1 & -0.272 & -0.647 \\ 1 & -1.105 & 1.702 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Y \\ I \\ Q \end{pmatrix}$$

pinostro@dcc.uchile.cl

23

23

## Color en la TV: YUV

- YUV: modelo de color usado por la televisión europea, PAL
- Y ó luminancia: idem al modelo NTSC
- V y U ó crominancia:

$$U = 0.493 (B - Y)$$

$$V = 0.877 (R - Y)$$

pinostro@dcc.uchile.cl

24

24

## Color en la TV: YUV

- Equivalencia matricial del modelo YUV c/r al modelo RGB

$$\begin{bmatrix} Y \\ U \\ V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -0.147 & -0.289 & 0.437 \\ 0.615 & -0.515 & -0.100 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0.114 \\ 1 & -0.394 & -0.581 \\ 1 & 2.208 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y \\ U \\ V \end{bmatrix}$$

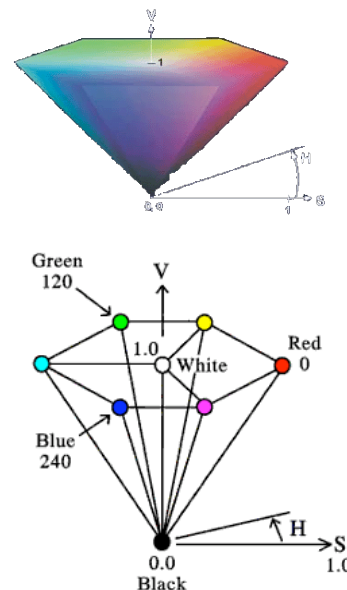
pinostro@dcc.uchile.cl

25

25

## El modelo HSV

- HSV: Modelo donde el color es representado en un hexágono
- Hue (H): Permite seleccionar el color (0 – 360)
- Saturation (S): cantidad de blanco agregado al color
- Value (V): cantidad de negro agregado al color



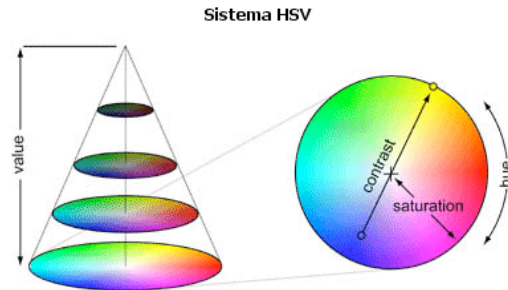
pinostro@dcc.uchile.cl

26

26

# El modelo HSV

- No hay una representación matricial que permita relacionarlo con el modelo RGB



- Propuesto: Investigar y programar el algoritmo que permite pasar del modelo HSV al modelo RGB y viceversa

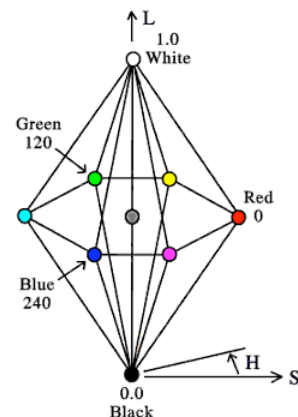
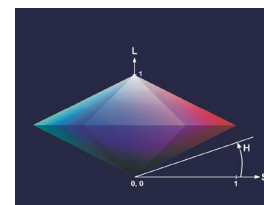
pinostro@dcc.uchile.cl

27

27

# El modelo HLS

- HLS: modelo de color altamente relacionado con el modelo HSV
  - H: Hue
  - L: Lightness
  - S: Saturation



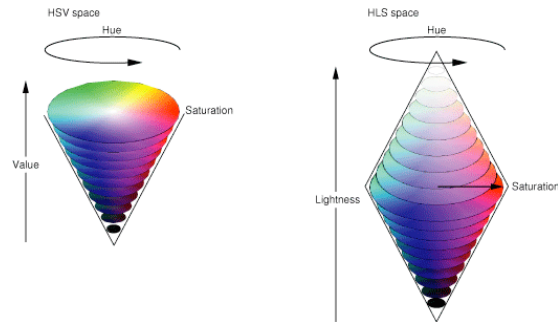
pinostro@dcc.uchile.cl

28

28

# El modelo HLS

- No hay una representación matricial que permita relacionarlo con el modelo RGB



- Propuesto: Investigar y programar el algoritmo que permite pasar del modelo HLS al modelo RGB y viceversa

pinostro@dcc.uchile.cl

29

29

## Algunas preguntas

- Por qué todos los modelos pasan por el modelo RGB ?
- Cuál modelo es más 'cómodo' para representar (obtener) el arcoiris ?
- Donde se encuentran las tonalidades de grises en: el cubo RGB, HLS, HLV ?

pinostro@dcc.uchile.cl

30

30

## Calce del color

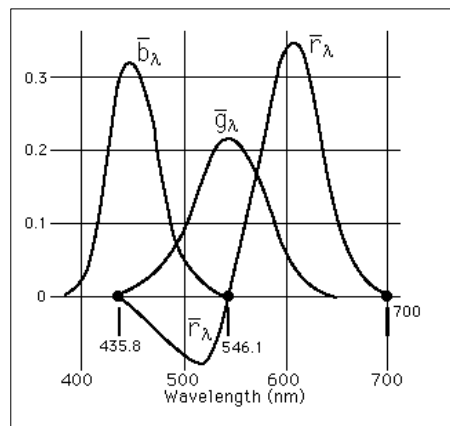
- Mediante la combinación de tres colores puros es posible obtener el color deseado
  - $R=700\text{nm}$
  - $G=546\text{nm}$
  - $B=436\text{nm}$
- Un TV de rayos catódico emite el rojo, verde y azul, pero no son puro
- Además, no le es posible recrear todos los colores
- Matemáticamente, esto se puede solucionar agregando color a la fuente
  - Equivale a tener un color negativo !

pinostro@dcc.uchile.cl

31

31

## Calce del color



pinostro@dcc.uchile.cl

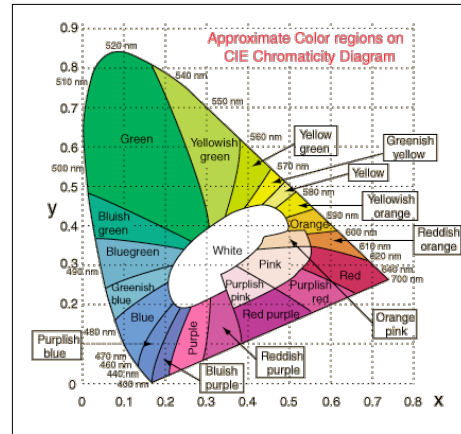
32

32



# El modelo de color CIE XYZ

- La CIE (*Commission Internationale d'Eclairage*) definió un nuevo modelo de representación 3D del color
- Posee tres fuentes de luz (X, Y y Z) donde la representación del color es siempre positiva
- Por comodidad se trabaja en un espacio de color 2D, que corresponde a la proyección en el plano  $X+Y+Z=1$



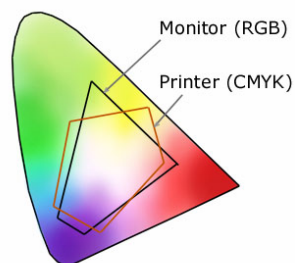
pinostro@dcc.uchile.cl

33

33

# El modelo de color CIE XYZ

- Es utilizado para compara la salida de diferentes dispositivos



- Un impresora no puede reproducir todos los colores de un monitor!

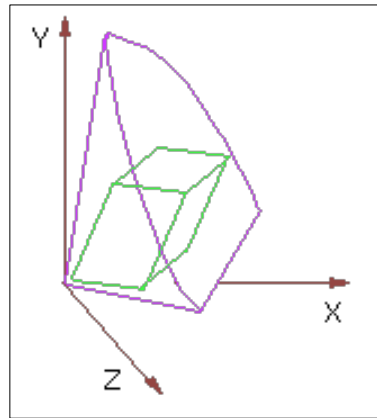
pinostro@dcc.uchile.cl

34

34

# El cubo RGB dentro CIE

- 



pinostro@dcc.uchile.cl

35

35

## Otros modelos

- Propuesto: investigue al menos otros tres modelos de representación del color

pinostro@dcc.uchile.cl

36

36