

Procesamiento Digital de Imágenes

Unidad II (c): Procesamiento de imágenes en color

Departamento de Informática - FICH
Universidad Nacional del Litoral

27 de abril de 2017

FICH

UNL

Temas a desarrollar

- Fundamentos del color.
- Modelos de color: RGB, CMY/CMYK y HSI.
- Conversiones de los modelos de color.
- Procesamiento de imágenes en pseudocolor.
- Procesamiento a todo color.

Fundamentos del color

- Importancia del color en PDI:
 - Descriptor útil para segmentación automática.
 - Capacidad del ojo humano para distinguir miles de colores e intensidades comparado con los 20-30 niveles de gris.
- Dos formas de trabajo:
 - Pseudocolor: imágenes monocromas coloreadas a través de la asignación de un color a una intensidad de gris.
 - Color: imágenes adquiridas con un sensor de color o multiespectral.

Fundamentos del color

- Caracterización de la luz:
 - Luz acromática (sin color): intensidad como único atributo. Nivel de gris: medida escalar de intensidad.
 - Luz cromática: posee dispersión de energía desde los 400 a los 700 nm aprox.
- Parámetros que describen la calidad de la fuente lumínica cromática:
 - **Radiancia**: cantidad total de energía que sale de la fuente (Watts [W]).
 - **Luminancia**: cantidad de energía procedente de la fuente que *percibe* un observador (Lumens, [lm]). Ej: fuente infrarroja (\uparrow R, \downarrow L).
 - **Brillo**: descriptor subjetivo (noción de intensidad). Ej: azul y verde de igual intensidad.

Fundamentos del color

- Colores **primarios de luz** (modelo aditivo): rojo=700nm, verde=546.1 y azul=435.8nm. Estándar fijado en 1931, antes de la obtención de las curvas (1965).
- Colores secundarios: cyan, magenta y amarillo. Formados por la suma de colores primarios.
- Colores **primarios de pigmento**: aquellos que absorben un color primario de luz y reflejan los restantes (modelo sustractivo). Pigmentos primarios: amarillo, magenta y cyan.



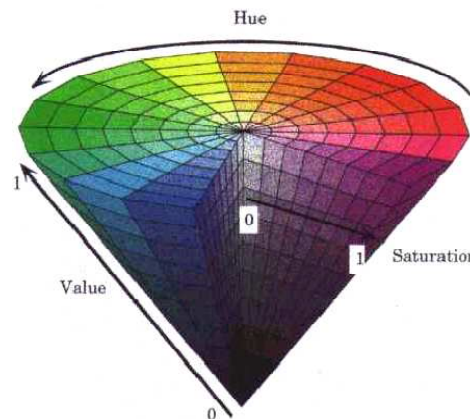
Mezcla aditiva



Mezcla sustractiva

Fundamentos del color

- Características del color:
 - Brillo: noción acromática de intensidad.
 - Tono (*hue*): λ dominante en la onda percibida ("color" del objeto).
 - Saturación: pureza relativa del color. Inversamente proporcional a la mezcla de luz blanca.
Ej: rojo, verde y azul: completamente saturados. Rosado, lavanda y verde manzana: menos saturados.
- Cromaticidad: tono y saturación.

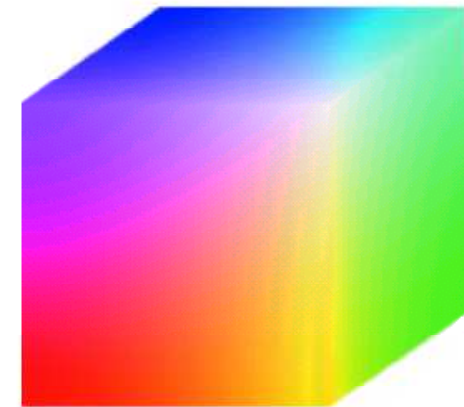
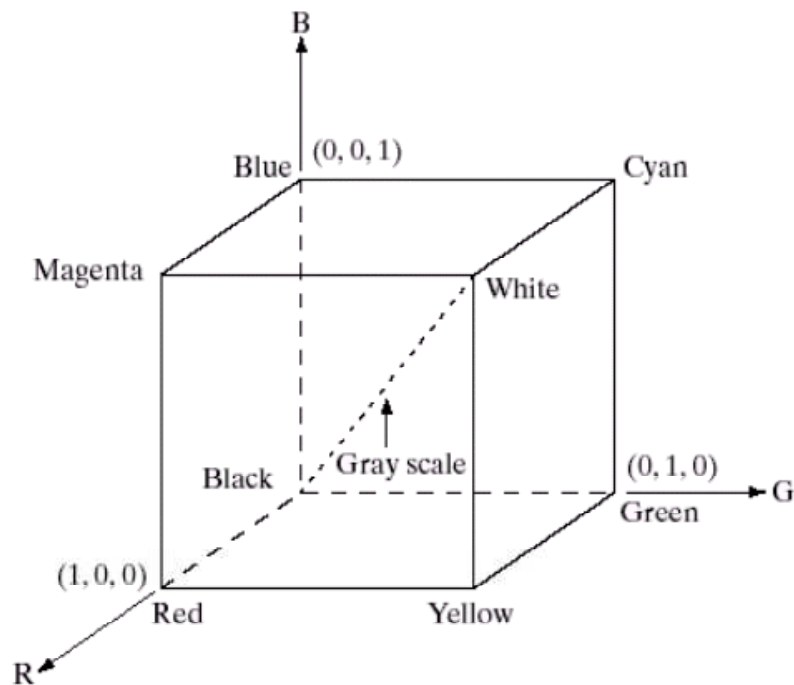


Modelos de color

- Modelos (o espacios) de color: estándares de especificación de colores.
- Especifican un sistema de coordenadas 3D y un subespacio en el cual queda definido cualquier color como un punto único.
- Surgen con el hardware: modelos para monitores, impresoras, etc.; o con el software: modelos para PDI, computación gráfica, animación.
- Modelos de color:
 - RGB (red-green-blue): monitores color y cámaras de video.
 - CMY (cyan-magenta-yellow) y CMYK (cyan-magenta-yellow-black): impresoras.
 - HSI (hue-saturation-intensity) y HSV (hue-saturation-value): basados en la interpretación humana del color.
 - Otros: $L^*a^*b^*$, YIQ, YCbCr,...

Modelo RGB

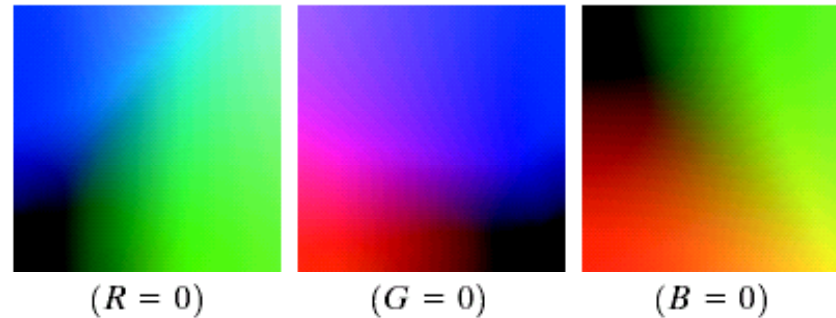
- Cada color es combinación de los colores primarios.
- Sistema de coordenadas cartesiano, con subespacio igual al cubo normalizado $[0, 1]$.



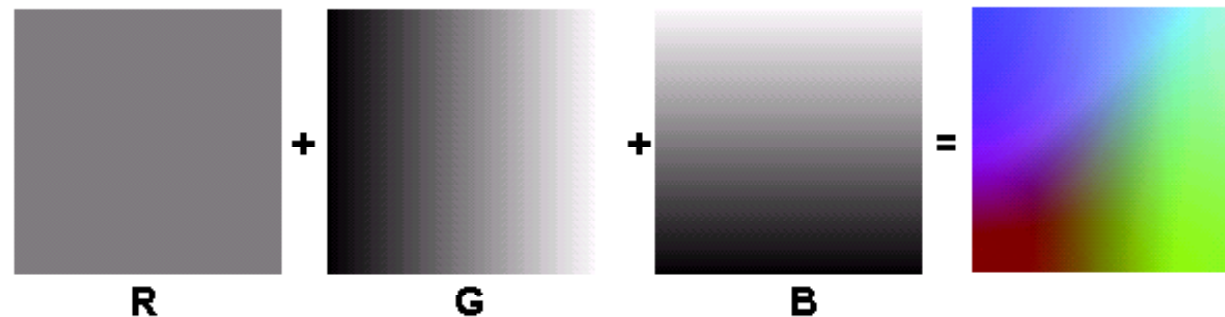
- Profundidad de color: $3 \times b$. Con $b = 8$: imagen de 24 bits (16M colores).

Modelo RGB

- Caras ocultas del cubo:



- La imagen se forma a partir de 3 planos independientes, uno para cada color primario:



Modelos CMY y CMYK

- CMY: colores primarios de pigmentos.
- Los dispositivos de impresión que utilizan pigmentos necesitan valores CMY de entrada, por lo que deben utilizar la conversión:

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

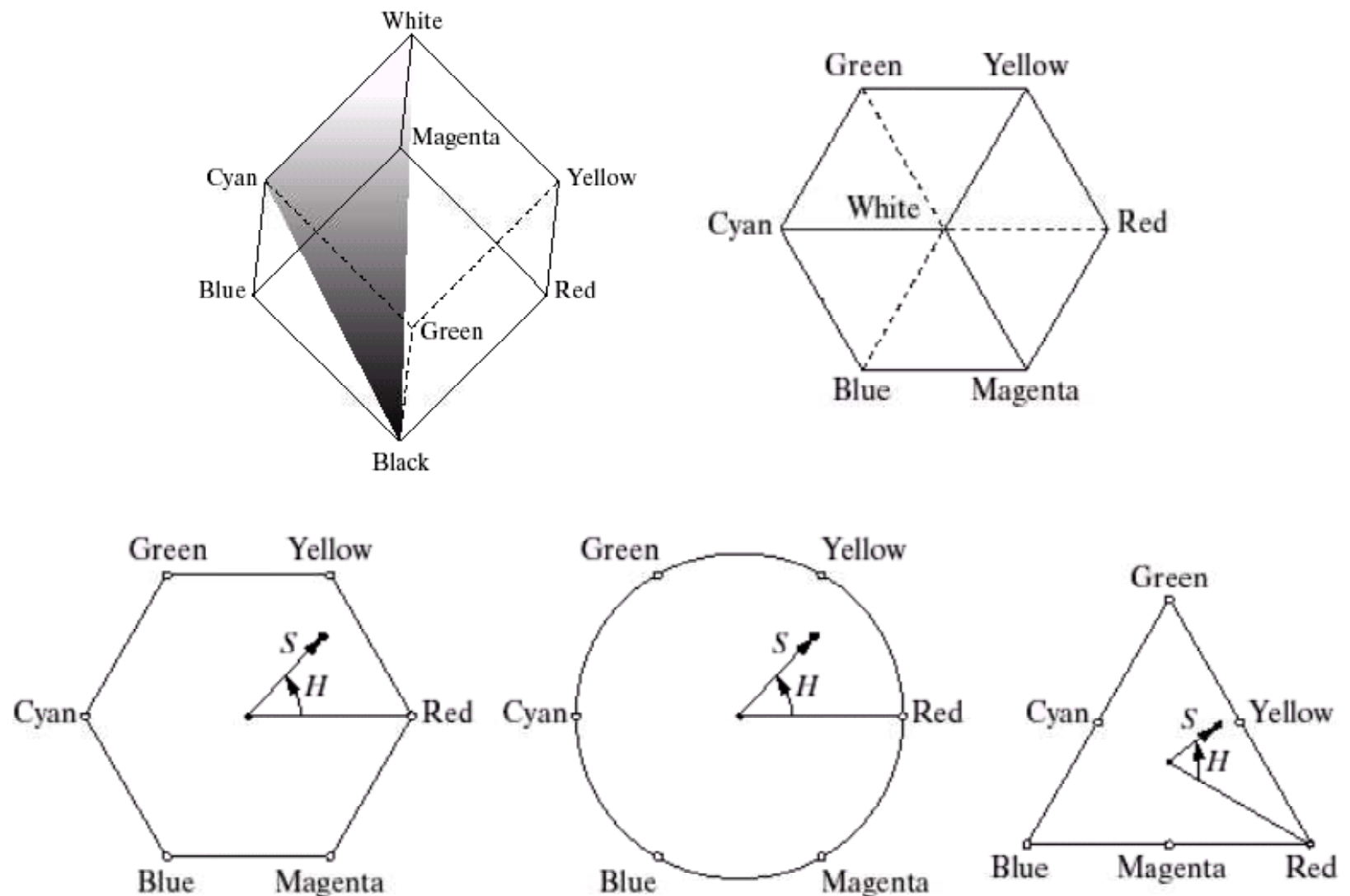
- Un pigmento cyan no refleja el componente rojo de la luz blanca, el magenta no refleja el verde y el amarillo no refleja el azul.
- Modelo CMYK: impresión en 4 colores, donde el negro se agrega al modelo para evitar generarlo mediante suma de pigmentos primarios.

Modelos HSI y HSV

- HSV: tono-saturación-valor. HSI: tono-saturación- intensidad.
- Surge como necesidad de especificar un color en forma *humana*.
- En los modelos RGB y CMYK la sensación de color está acoplada al brillo, por lo que resultan útiles en *generación* de colores.
- Ventaja del HSV: desacopla la información de crominancia (H, S) de la luminancia (V).
- Aplicaciones en algoritmos basados en descripción natural de colores. Ej: verificación automática de madurez de frutas, inspección del acabado de productos, etc.

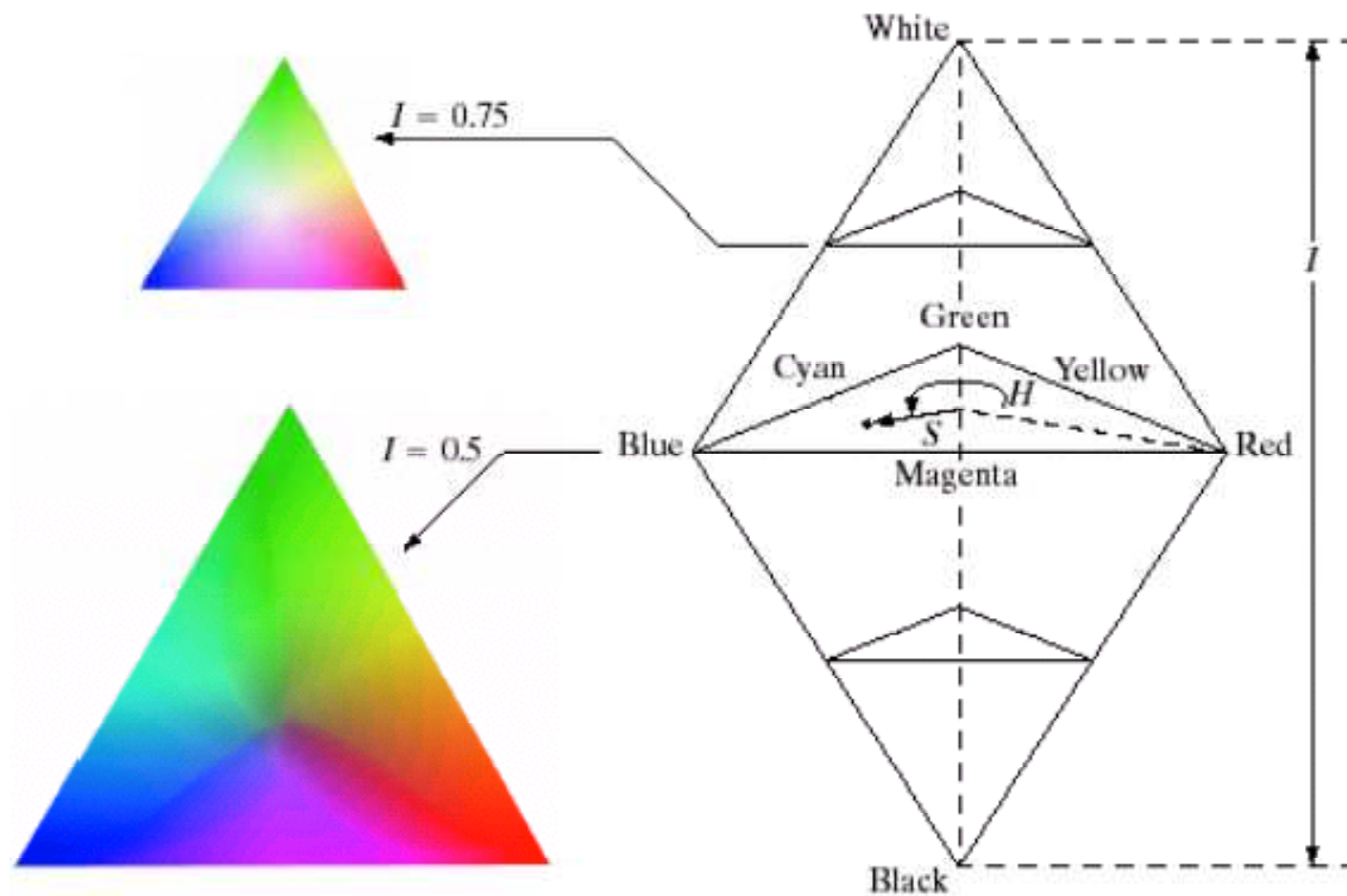
Modelo HSI

- Concepto del sistema de coordenadas y subespacio:



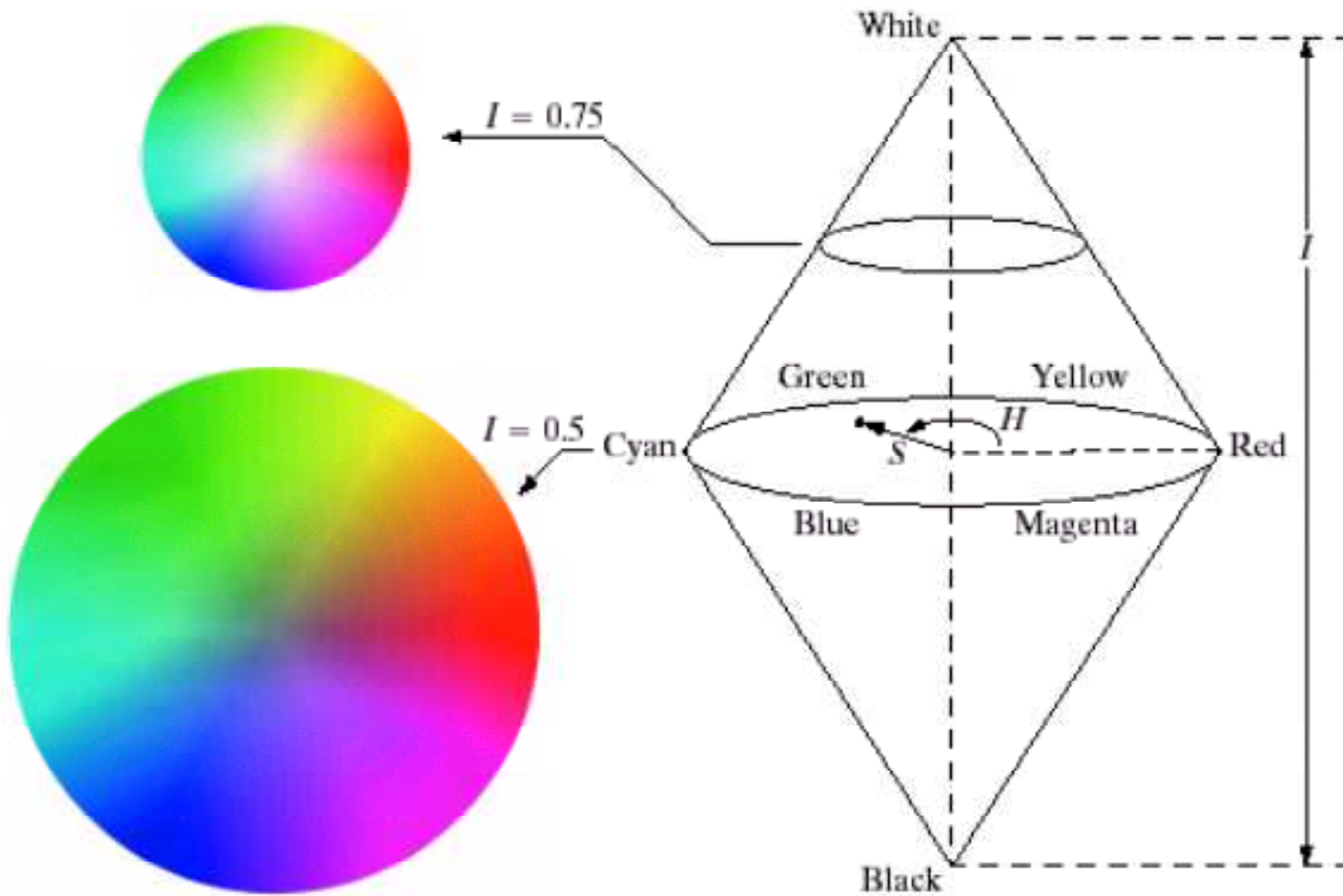
Modelo HSI

- Espacio HSI:



Modelo HSI

- Espacio HSI:



Modelo HSI

- Conversión RGB a HSI:

- Tonalidad:

$$H = \begin{cases} \theta & \text{si } B \leq G \\ 360 - \theta & \text{si } B > G \end{cases}$$

donde

$$\theta = \cos^{-1} \left\{ \frac{\frac{1}{2}[(R - G) + (R - B)]}{[(R - G)^2 + (R - B)(G - B)]^{1/2}} \right\}$$

- Saturación:

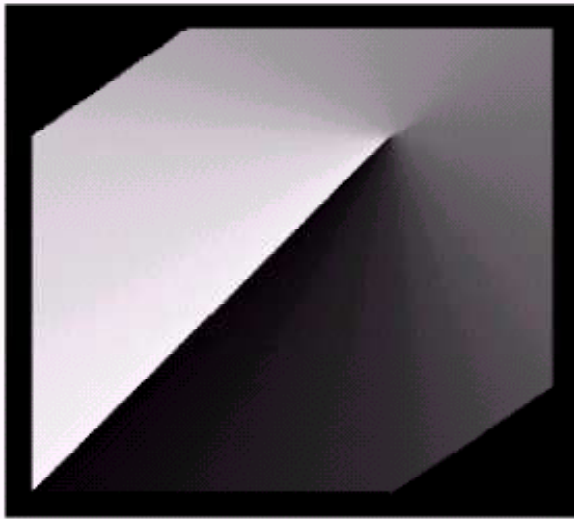
$$S = 1 - \frac{3}{R + G + B} [\min(R, G, B)]$$

- Intensidad:

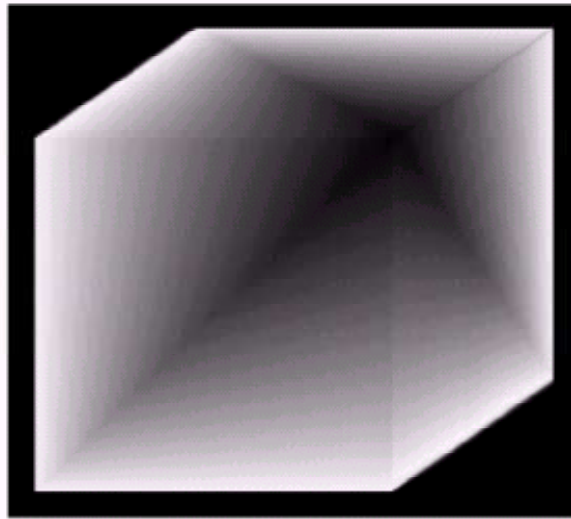
$$I = \frac{1}{3}(R + G + B)$$

Modelo HSI

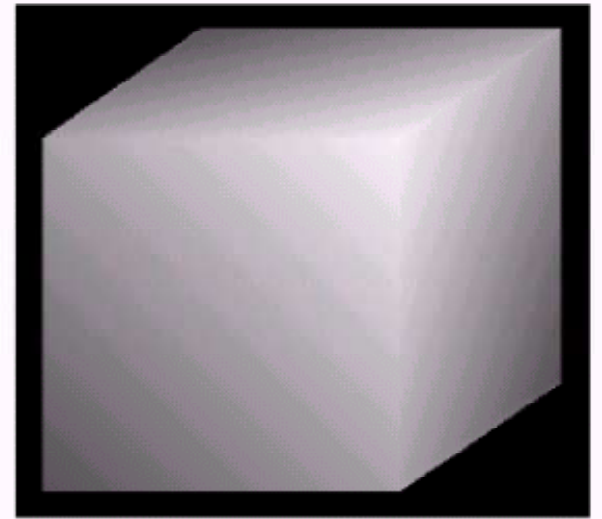
- Conversión HSI a RGB: revisar fórmulas en el texto.
- Cubo RGB convertido a HSI:



Tonalidad



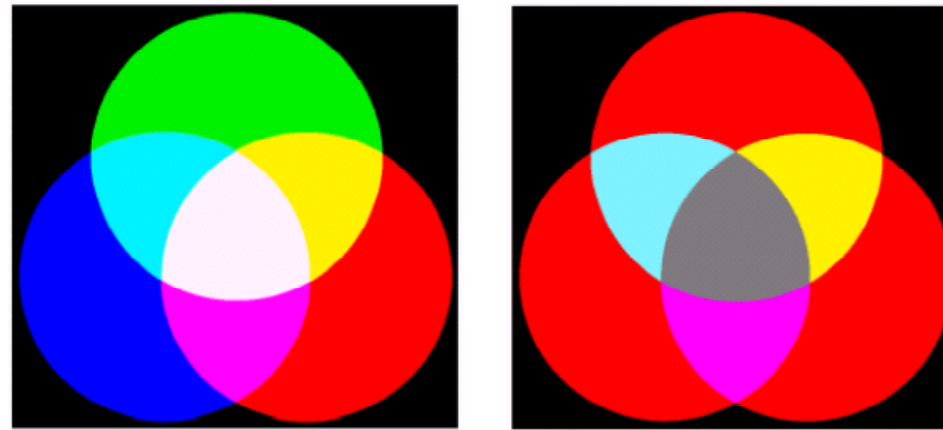
Saturación



Intensidad

Modelo HSI

- Manipulación de componentes HSI:



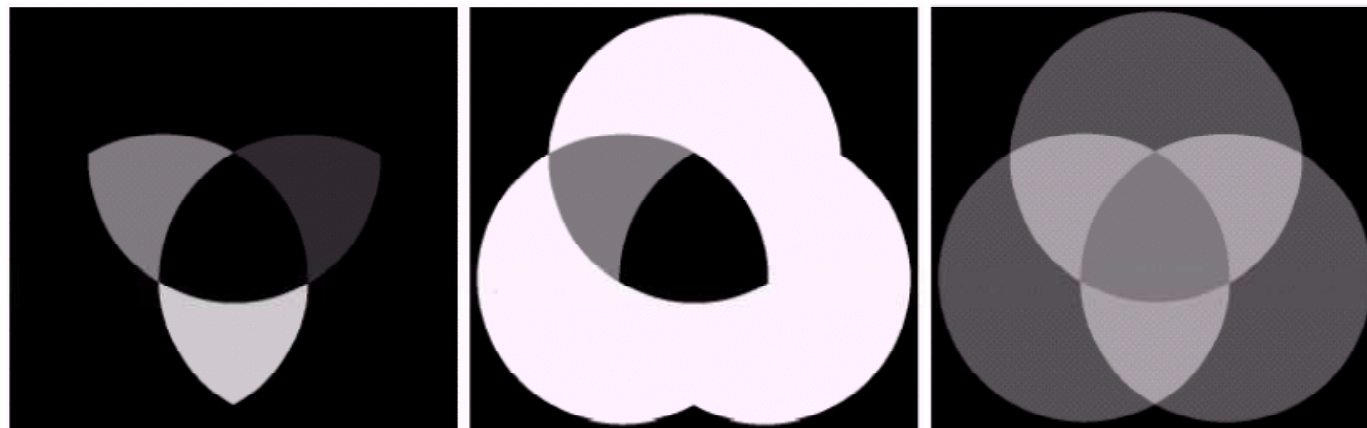
Tonalidad

Saturación

Intensidad

Modelo HSI

- Manipulación de componentes HSI:



Tonalidad

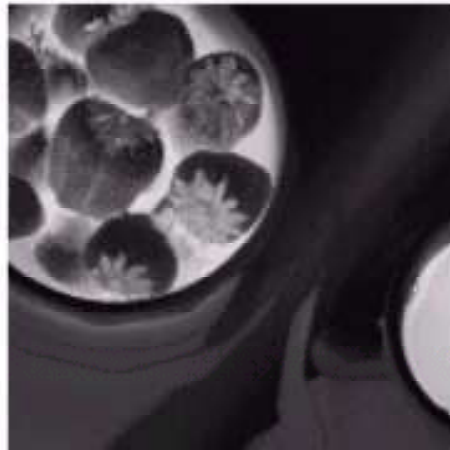
Saturación

Intensidad

Comparación de modelos



Full color



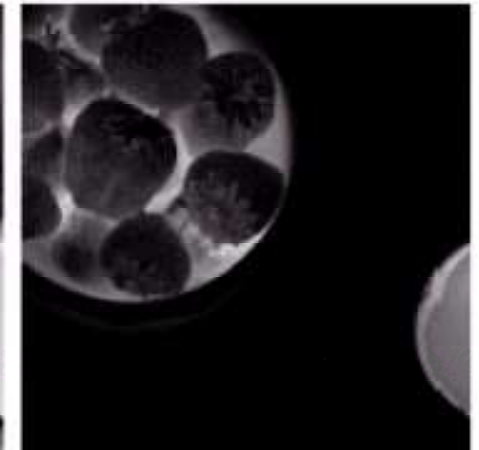
Cyan



Magenta



Yellow



Black

Comparación de modelos



Full color



Red



Green

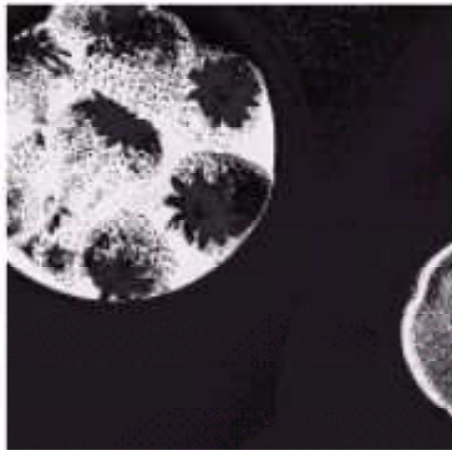


Blue

Comparación de modelos



Full color



Hue



Saturation



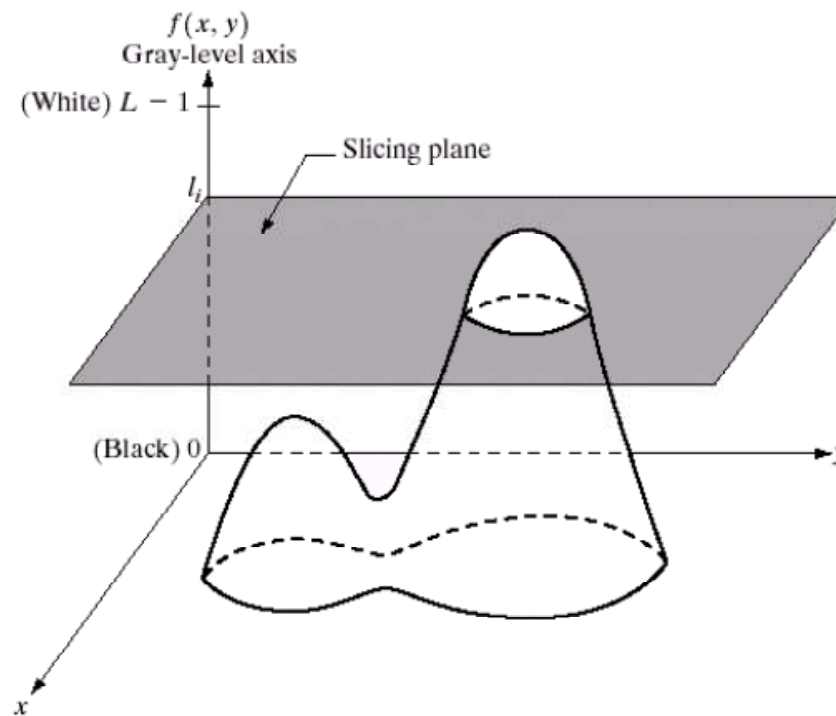
Intensity

PDI en pseudocolor

- Asignación de colores a imágenes monocromas, según propiedades del contenido de grises de la imagen.
- Aplicación en visualización e interpretación humana.
- Diversidad de transformaciones para coloración falsa. Ej: diferentes técnicas de realce sobre la misma imagen resaltan detalles diferentes y los codifican a color apropiadamente.
- Técnicas de coloración:
 - Rodajas de intensidad.
 - Transformación del nivel de gris a color.

Rodajas de intensidad

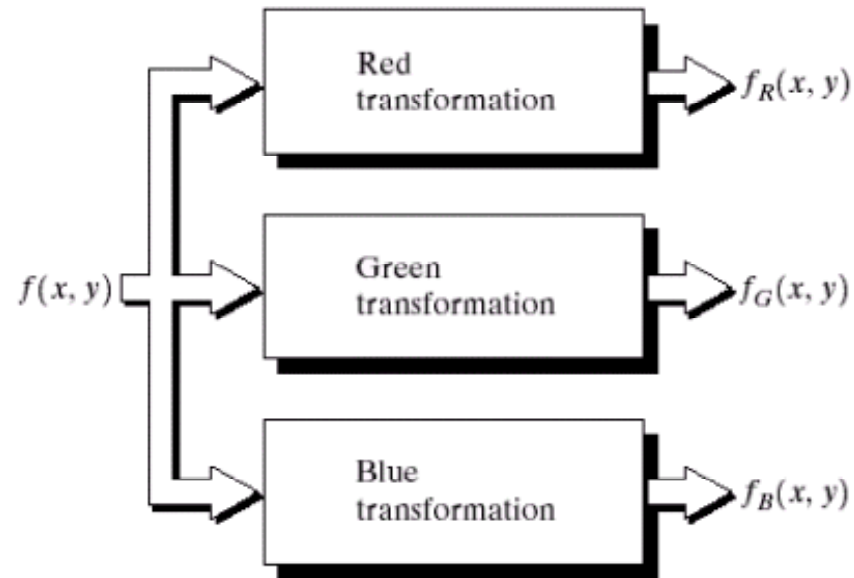
- Trata a una imagen monocroma como una función 3D: intensidad en función de las coordenadas espaciales.
- Colocación de un plano paralelo al plano de coordenadas, asignando colores diferentes a cada lado (binarización de color).



- Extensión a p planos.

Transformación grises a color

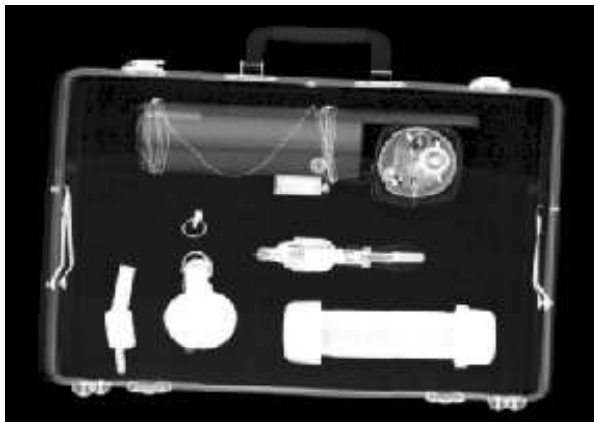
- Aplicación de tres transformaciones independientes a los grises de la imagen.



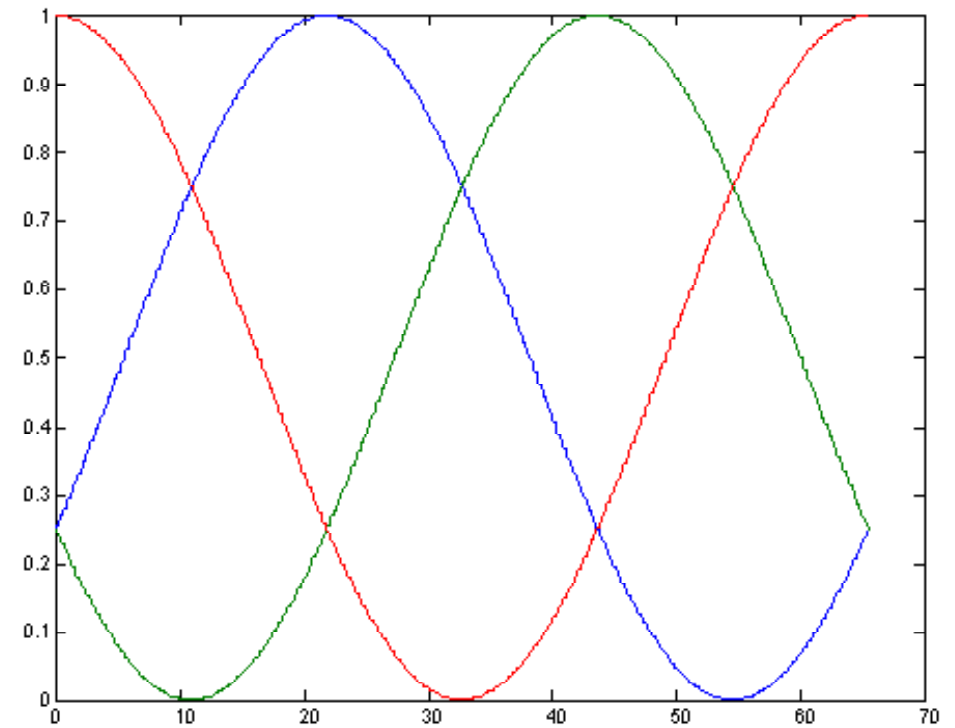
- Las salidas se inyectan a los canales R, G y B.
- Técnica utilizada por la flexibilidad de la definición de las funciones.

Transformación grises a color

- Ejemplo de RX en control de equipaje:



Original



Transformaciones

Transformación grises a color

- Ejemplo de RX en control de equipaje:



Rainbow de 1 ciclo



Rainbow de 2 ciclos

Procesamiento a todo color

- Clasificación de los procesos de imágenes a todo color:
 - Procesamiento de cada componente de la imagen de manera individual. Utilización de técnicas estudiadas para imágenes monocromas.
 - Procesamiento directo de los píxeles. Tratamiento de vectores:

$$c(x,y) = \begin{bmatrix} c_R(x,y) \\ c_G(x,y) \\ c_B(x,y) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R(x,y) \\ G(x,y) \\ B(x,y) \end{bmatrix}$$

- Para equivalencia entre aproximaciones deben satisfacer las condiciones:
 - El proceso sea aplicable a escalares y vectores.
 - La operación en cada componente del vector sea independiente de las otras componentes.

Transformaciones de color

- Concepto: procesamiento de los componentes de color de una imagen en un modelo de color particular.
- Formulación general:

$$g(x, y) = T[f(x, y)]$$

$$s_i = T_i(r_1, r_2, \dots, r_n), \text{ con } i = 1, 2, \dots, n$$

donde

r_i y s_i : componentes de color de $f(x, y)$ y $g(x, y)$ respectivamente

n : número de componentes de color

$\{T_1, T_2, \dots, T_n\}$: funciones de mapeo de color

- Cualquier transformación puede ser aplicada en cualquier modelo de color. Sin embargo, algunas T son más adecuadas para ciertos modelos; y debe tenerse en cuenta la conversión entre modelos.

Transformaciones de color

- Ejemplo: oscurecimiento de una imagen mediante

$$g(x, y) = kf(x, y), \text{ con } 0 < k < 1$$

- En el espacio RGB:

$$s_i = kr_i, \text{ con } i = 1, 2, 3$$

- En el espacio CMY:

$$s_i = kr_i + (1 - k), \text{ con } i = 1, 2, 3$$

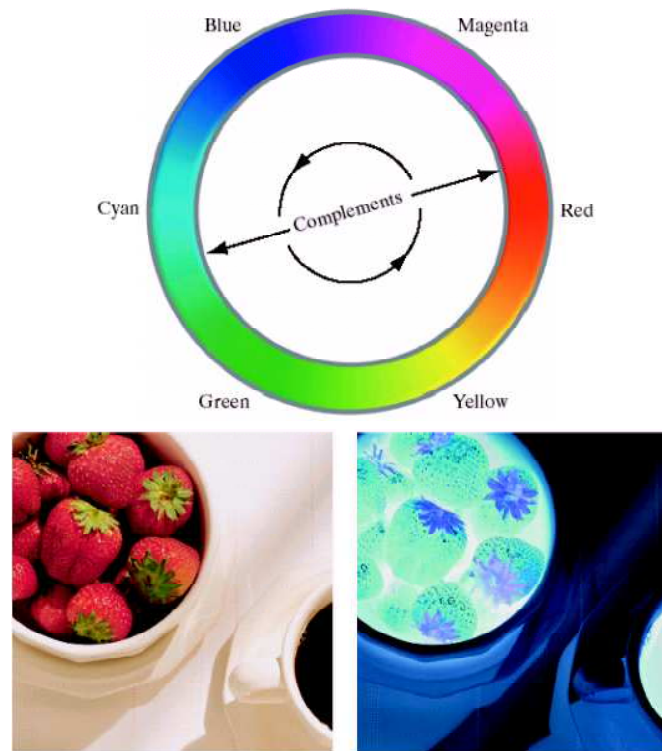
- En el espacio HSI:

$$s_3 = kr_3, \text{ con } s_1 = r_1 \text{ y } s_2 = r_2$$

- Transformación más simple en HSI, pero conversiones más complejas.

Transformaciones de color

- **Complemento de color:** análogo al negativo en imágenes en tonos de gris.
- Matices opuestos según el círculo de colores + negativo de I:



Transformaciones de color

- Rebanado de color (*color slicing*): resaltado de un rango de colores específico.
- Util para:
 - Mostrar colores de interés separados del fondo.
 - Generar una máscara con la región del color de interés.
- Mapeo de colores en un cubo de radio W centrado en \mathbf{a} :

$$s_i = \begin{cases} 0.5 & \text{si } \left[|r_j - a_j| > \frac{W}{2} \right]_{1 \leq j \leq n} \\ r_i & \text{resto} \end{cases}, i = 1, 2, \dots, n$$

- Mapeo de colores en una esfera de radio R_0 centrado en \mathbf{a} :

$$s_i = \begin{cases} 0.5 & \text{si } \sum_{j=1}^n (r_j - a_j)^2 > R_0^2 \\ r_i & \text{resto} \end{cases}, i = 1, 2, \dots, n$$

Transformaciones de color

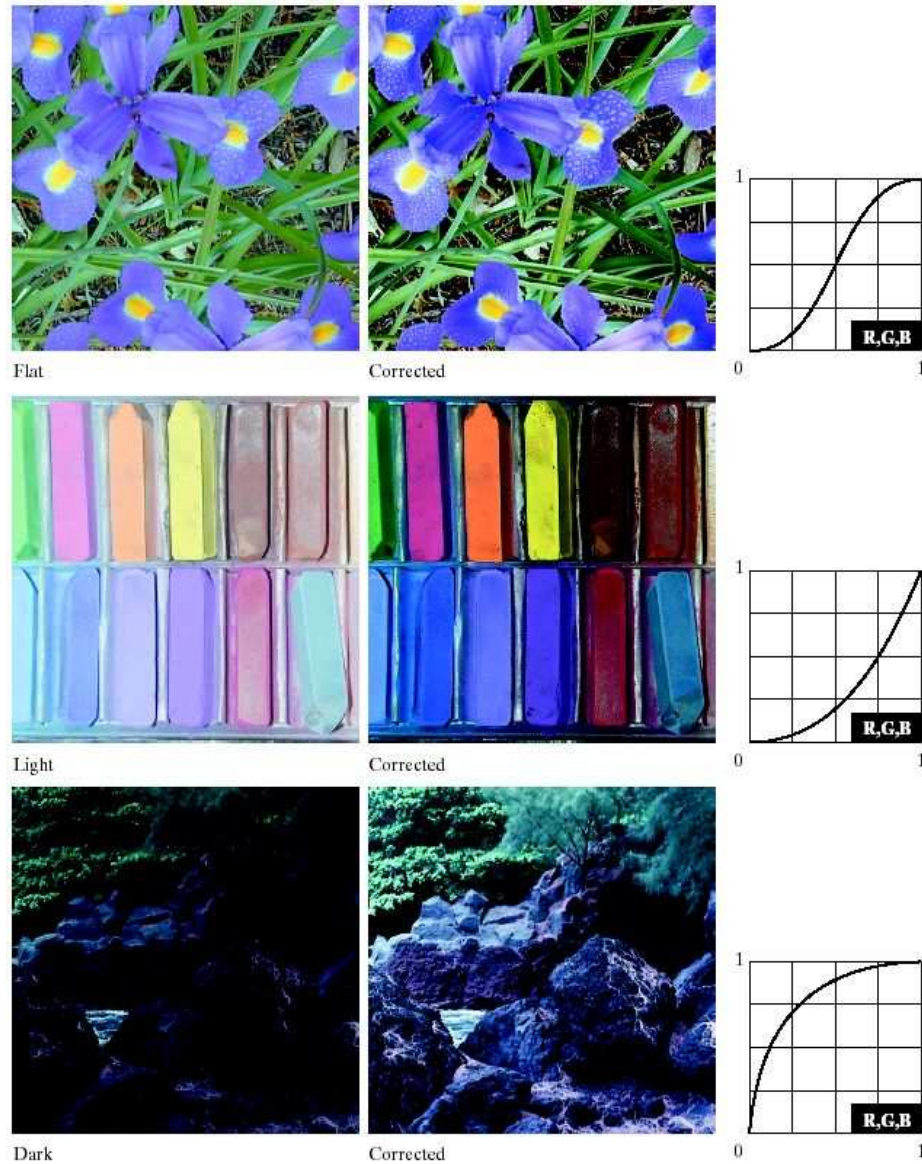
Rebanado del color en RGB:



Transformaciones de color

- Corrección de tono: ajuste del brillo y el contraste.
- Modelo RGB y CMY(K): mapeo de las tres (cuatro) componentes con la misma función.
- Modelo HSI: modificación solamente de la componente I.
- Funciones de transformación: curvas lineales por tramos o polinomios que aumentan el contraste, o varían la intensidad en forma de potencia.

Transformaciones de color

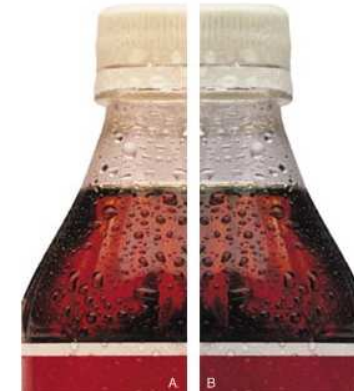


Transformaciones de color

- **Balance de colores:** ajustes de información de canales (calibración).
- La percepción de un color es afectada por los colores vecinos.
- La rueda de colores es útil en la elección de colores a cambiar.
- Formas de ajuste: para incrementar un color podemos
 - Decrementar su complementario.
 - Aumentar la proporción de los dos colores contiguos en la rueda (similar a decrementar la proporción de los dos colores contiguos al complementario).

Transformaciones de color

Manejo del rojo (incremento y decremento):



Decremento de azul + incremento de saturación + mejora de contraste en R-G-B:



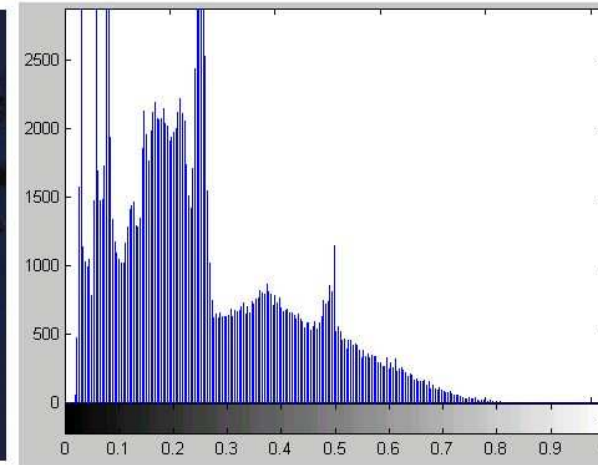
Transformaciones de color

- Manejo del histograma: operaciones de ecualización (especificación) de valores de intensidad.
- En imágenes a todo color, el manejo de las componentes por separado conduce a resultados erróneos.
- Para uniformizar valores de intensidad sin cambiar los matices, se utiliza el modelo HSI.

Transformaciones de color



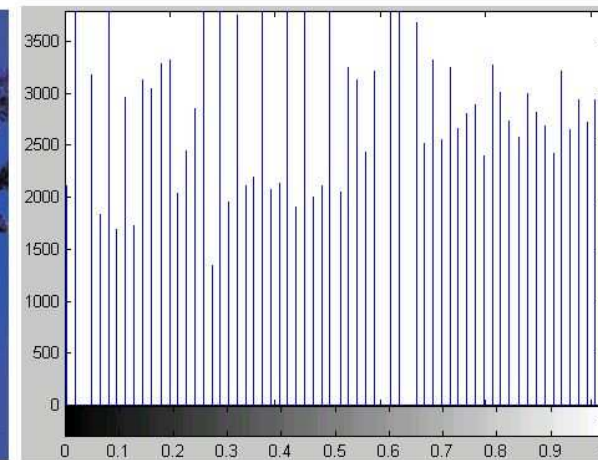
Imagen original



Histograma original de I



Imagen con ecualización de intensidad



Histograma ecualizado de I

Operaciones locales

- **Suavizado y acentuado:** extensión de las operaciones locales estudiadas para imágenes de intensidad.
- En el modelo RGB: las tres componentes se transforman mediante la aplicación convencional de una máscara.
- En el modelo HSI: aplicación de la máscara a la componente I.
- Resultados diferentes, dado que en RGB los colores se promedian, mientras que en HSI permanecen inalterados.

Operaciones locales



Original



Pasa-bajos



Pasa-altos suma 1

Fin de teoría

- Próxima teoría: Unidad III - Operaciones en el dominio frecuencial