

Introducción

Tema 1

1 - Introducción: percepción visual	2
El procesamiento de imágenes	2
Imágenes digitales y sus propiedades	2
2 - Conceptos básicos: tipos de imágenes	4
Imágenes estáticas y dinámicas	4
Imágenes en 2D	4
Imágenes monocromáticas	5
3 - Representación: espacios de color	6
Calidad de una imagen digital	6
Resolución	6
Color	7
Imagen indexada	7
Espacios de color	8
CMY	8
CMYK	8
YIQ	8
YUV	9
HSI y HSV	9
4 - Etapas en el procesamiento de imágenes	10
5 - Conclusiones	11
Procesamiento digital de imágenes	11
Aplicaciones actuales del tratamiento digital de imágenes	11
Perspectiva histórica	11

1 - Introducción: percepción visual

El procesamiento de imágenes

Consiste en un **conjunto de métodos, técnicas y herramientas destinadas a la manipulación y el análisis de imágenes -y vídeo-**, cuyo objetivo es mejorar el aspecto de las mismas y hacer más evidentes ciertos detalles que se desean resaltar.

Algunas acciones:

- Mejora, restauración y eliminación de ruido.
- Creación y manipulación de contenido.
- Compresión y transmisión.
- Extracción de información.

El procesamiento de las imágenes se puede hacer por medio de:

- Métodos ópticos.
- Métodos digitales. *Usando un ordenador.*

El **teorema de Fourier** es el eje central de los principios matemáticos implícitos en ambos métodos.

Imágenes digitales y sus propiedades

Existen diferentes tipos de imágenes según el dispositivo utilizado:

- **Luz visible**
 - A través de una cámara.
- **Rayos infrarrojos**
 - Permiten visión nocturna.
- **Rayos ultravioletas**
 - Espectrogramas: fotografía de un espectro luminoso obtenida mediante un espectrógrafo sobre placa de cristal o película sensible.
- **Campos magnéticos**
 - Resonancias magnéticas, utilizadas para obtener imágenes detalladas del corazón o el tórax. Un gran electroimán produce vibraciones en los núcleos de los átomos del organismo, produciendo unas señales características que posteriormente son convertidas en imágenes.

- **Ultrasonidos**

- Ecografías: imagen formada por la reflexión de ondas sonoras con determinadas partes del cuerpo.
 - Ecocardiograma: utiliza ondas de alta frecuencia contra las estructuras del corazón o los vasos sanguíneos.

- **Rayos X**

- Radiografías.
- Radioscopia (fluoroscopia).
- Angiografía.

- **Impulsos eléctricos**

- Electrocardiograma: amplifica los impulsos eléctricos del corazón y los registra en un papel en movimiento.
- Electroencefalograma: imagen formada a partir de impulsos eléctricos que establece el trazado y registro eléctrico de la actividad cerebral.

- **Isótopos radiactivos** (indicadores / trazadores)

- Indicadores: se reparten por todo el cuerpo y se detectan con una gammacámara.
- Usando la técnica de tomografía computerizada por emisión de fotones simples, distintos tipos de cámaras de registro de radiación pueden grabar una imagen simple o producir una serie de imágenes de secciones transversales amplificadas por ordenador.
- Usando la técnica de tomografía computarizada por emisión de positrones, se inyecta una sustancia en la sangre que se desplaza hasta las estructuras cerebrales, permitiendo medir la actividad que desarrolla el cerebro.

2 - Conceptos básicos: tipos de imágenes

Imágenes estáticas y dinámicas

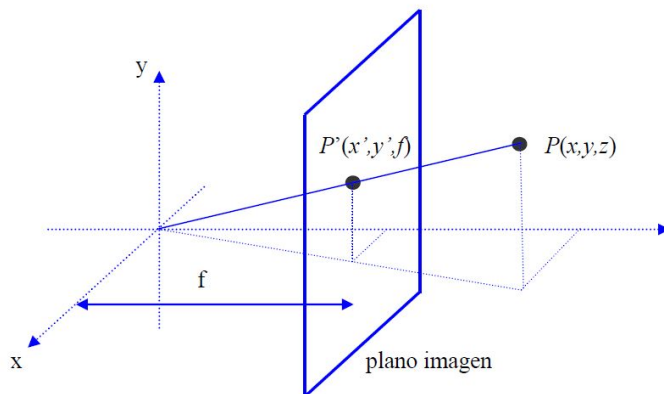
Cualquier imagen se puede modelar mediante una función continua de 2 o 3 variables. Pueden ser

- **Estáticas** (2 argumentos):
 - Las variables (x, y) representan las coordenadas del plano cartesiano.
- **Dinámicas** (3 argumentos):
 - Van cambiando en el tiempo.
 - Las variables (x, y, t) representan las coordenadas del plano y el tiempo.

$f(x, y, t)$ representa una función digital (dominio y rango discretos) que trabaja con el punto (x, y, t) , devolviendo un valor asociado a este como la luminosidad, el brillo, la intensidad de la radiación o puede representar valores como temperatura, presión, distancia al observador...

Imágenes en 2D

Una imagen en 2D es el resultado de una proyección de una escena 3D, donde cada punto de la escena viene representado por su proyección en el plano.



$$x' = \frac{xf}{z}, \quad y' = \frac{yf}{z}$$

Estos datos se obtienen directamente del **teorema de Tales**.

Imágenes monocromáticas

Imágenes cuyo rango de la **función f tiene al negro como el valor mínimo y el blanco como valor máximo**. En una **imagen digital**, el rango viene dado por un conjunto finito de valores.

Ejemplo $\{0, 1, 2, \dots, L-1, L\}$, donde:

- *0 corresponde al negro.*
- *L corresponde al blanco.*

*Para este ejemplo, diremos que la imagen tiene **L+1 tonos de gris**.*

Una imagen monocromática viene representada por una **matriz formada por elementos $f(x, y)$** , donde a **(x, y) se le llama píxel** y al **valor de $f(x, y)$ tono de gris**.

$$f = \begin{bmatrix} f(1,1) & f(1,2) & \dots & f(1,N) \\ f(2,1) & f(2,2) & \dots & f(2,N) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ f(M,1) & f(M,2) & \dots & f(M,N) \end{bmatrix}$$

Los **píxeles de un entorno** son los píxeles próximos de cada píxel y juegan un papel importante en el análisis de imágenes; por ello, es necesario definir una función distancia entre píxeles. Las más habituales son:

Distancia Euclídea

$$D_E((a,b),(c,d)) = \sqrt{(c-a)^2 + (d-b)^2}$$

Distancia de Tchebychev (o de tablero de ajedrez)

$$D_8((a,b),(c,d)) = \max(|c-a|, |d-b|)$$

Distancia rectangular

$$D_4((a,b),(c,d)) = |c-a| + |d-b|$$

3 - Representación: espacios de color

Calidad de una imagen digital

Viene definida por 2 características:

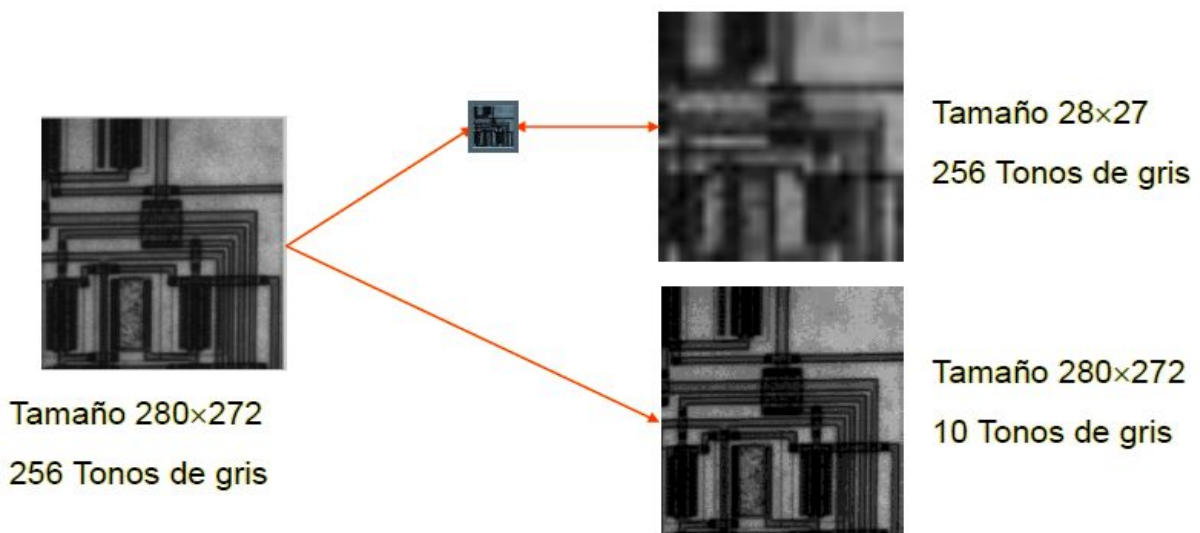
- **Profundidad de color:** número de colores que tiene una imagen, determinado por el número de bits que almacenan la información de un píxel.

Cada píxel representa 2^b colores, donde b es el número de bits.

- **Compresión de la información:** forma como se almacena la información de la imagen en función del tamaño que ocupa; cuanta mayor compresión, mayor pérdida de información y menor tamaño de archivo.

Resolución

- **Resolución espacial:** proximidad de las muestras de la imagen en el plano; en el caso de imágenes digitales, representa el número de puntos del dominio de la imagen, es decir, el *ancho x altura*.
- **Resolución espectral:** ancho de banda de las frecuencias de radiación luminosa capturadas por el sensor.
- **Resolución radiométrica:** número de niveles / tonos de gris distinguibles.
- **Resolución temporal:** intervalo de tiempo entre muestras consecutivas en las que la imagen es capturada.

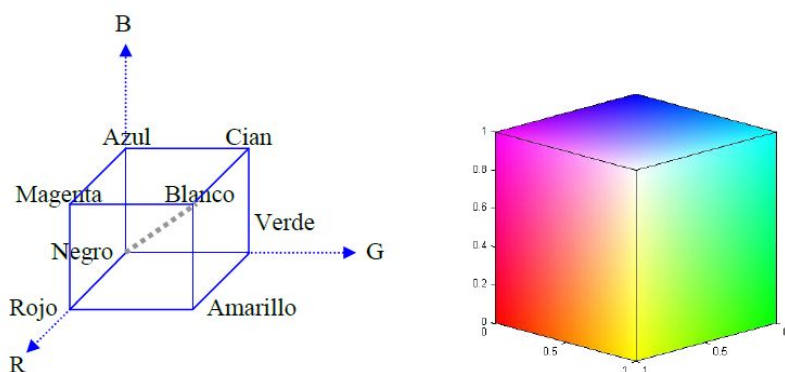


Color

El **color** está asociado con la capacidad de los objetos de reflejar ondas electromagnéticas de diferente longitud de onda. El ser humano detecta los colores como **combinaciones de tres colores primarios**: rojo, verde y azul.

Las pantallas suelen utilizar el **modelo RGB**, donde cada píxel representa un vector asociado (r, g, b) que definen un color determinado.

- $(0, 0, 0)$ representa el negro.
- (r, g, b) representa un color, combinación de rojo, verde y azul.
- (L, L, L) representa el blanco.

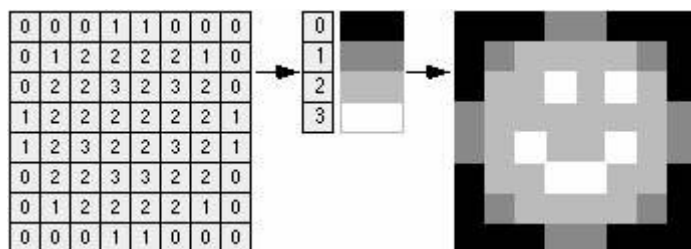


Esto implica que **pueden representarse un total de L^3 colores diferentes**, siendo L el valor máximo de las variables r, g y b . Tantos colores no pueden albergarse en un dispositivo, por eso se suele emplear un subconjunto de ellos: una **paleta de colores**.

Imagen indexada

Se trata de una imagen de n colores representada mediante estas 2 componentes:

- Una **matriz llamada mapa de colores**, de tamaño $n \times 3$, formada por valores del intervalo $[0, 1]$.
 - Cada fila define la componente roja, verde y azul de un color.
- Una **matriz M de tamaño ancho \times alto** formada por valores de $\{1, 2, \dots, n\}$.
 - Cada elemento especifica una fila del mapa de colores (es decir, un color).

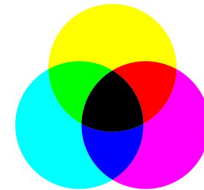
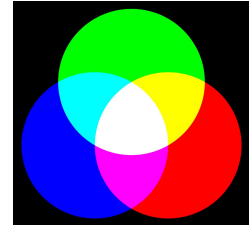


Espacios de color

- Los colores **primarios** son el rojo, el verde y el azul.
- Los colores **secundarios** son el magenta, el amarillo y el cian.
 - También se les llama primarios sustractivos o primarios de pigmentos.
 - Estos colores absorben un color primario de luz y reflejan los otros dos.

Un color puede representarse de 2 formas diferentes:

- Mediante un **sistema aditivo**
 - Añadir colores al negro para crear nuevos colores.
 - La presencia de todos los colores primarios crea un blanco puro.
 - La ausencia de todos los colores primarios crea un negro puro.
- Mediante un **sistema sustractivo**
 - Añadir colores al blanco para crear nuevos colores.
 - La presencia de todos los colores secundarios crea un negro puro (teóricamente).
 - La ausencia de todos los colores secundarios crea un blanco puro.



CMY

Este espacio (*cyan, magenta, yellow*) se basa en los **colores secundarios**.

La mayoría de dispositivos que depositan pigmentos en papel:

- Usan una entrada de datos en configuración CMY.
- Realizan una conversión de la configuración RGB a CMY.

CMYK

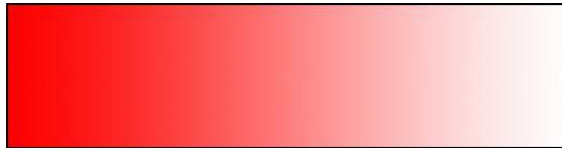
Este espacio (*cyan, magenta, yellow, key*) **se basa en el espacio CMY, pero además añade el color negro, definido como key**. Surge debido a que las impurezas de las tintas no permiten obtener un negro puro a partir de la combinación de todos los colores secundarios.

YIQ

Este espacio (*in-phase, quadrature*) se usa para la **TV en EEUU** y una de sus principales ventajas es la **separación de la información en tonos de gris y en los datos de color**, permitiendo que la misma señal pueda usarse en TVs en blanco y negro y en TVs en color.

Este sistema divide la imagen en 3 componentes:

- **Luminancia (Y):** intensidad luminosa emitido por un objeto con luz propia.
- **Matiz / tonalidad (I):** atributo asociado a la longitud de onda dominante en una mezcla de ondas de luz; representa el color percibido por el observador.
- **Saturación (Q):** cantidad de luz blanca que se mezcla con él (pureza del color).



YUV

Este espacio, también conocido como **PAL (Phase Alternation Line)**, se usa para la TV europea desde 1967, siendo la República Federal Alemana y Reino Unido los primeros en establecerlos en sus TVs.

Este sistema divide la imagen en 3 componentes:

- $Y = 0.30 R + 0.59 G + 0.11 B$. *Luminancia.*
- $U = 0.493 (B - Y)$.
- $V = 0.877 (R - Y)$.

$$\begin{cases} Y' = 0,299R + 0,587G + 0,114B \\ U = 0,493(B - Y) \\ V = -0,147R - 0,289G + 0,436B \\ V = 0,877(R - Y) \\ V = 0,615R - 0,515G - 0,100B \end{cases}$$

Esto equivale a escribir, en forma matricial:

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

HSI y HSV

Son los espacios (*hue, saturation, intensity / value*) de color alternativo más relevantes para el **procesamiento de imágenes**.

El ser humano suele describir un objeto de color en función de su brillo, tonalidad y saturación, por eso este modelo separa esas 3 componentes, convirtiéndolo en una herramienta muy útil para el desarrollo de **algoritmos de procesamiento de imágenes**.

4 - Etapas en el procesamiento de imágenes

1. Adquisición de la imagen

- *Binaria, escala de grises, médica, microscópica...*

2. Mejora la imagen

- Esto se hace para aumentar las posibilidades de éxito de otros procesos.
- *Eliminar ruidos, suavizado, realce...*

3. Segmentación

- Dividir la imagen en sus partes sustituyentes yu objetos.

4. Representación

- Convertir los datos de los píxeles obtenidos tras la segmentación en una forma adecuada para el procesamiento.

5. Descripción

- Extraer rasgos con alguna información cuantitativa de interés o que sean fundamentales para diferenciar una clase de objetos de otra.
- *Descriptores estadísticos, geométricos, topológicos...*

6. Reconocimiento

- Asignar una etiqueta a un objeto basándose en la información proporcionada por los descriptores anteriores.

7. Interpretación

- Asignar un significado a un conjunto de objetos reconocidos.

8. Compresión

- Reducir la cantidad de datos necesarios para representar una imagen.
- Eliminar datos redundantes.

5 - Conclusiones

Procesamiento digital de imágenes

Materia en constante evolución tecnológica en:

- Capacidad de procesamiento.
- Capacidad de transmisión.
- Técnicas de procesamiento digital.
 - Filtrado.
 - Compresión.
 - Análisis de imágenes.

Aplicaciones actuales del tratamiento digital de imágenes

Prácticamente innumerables y prometen darnos grandes sorpresas. Algunos ejemplos de aplicaciones actuales son:

En la **sociedad de consumo**:

- TV digital.
- Videojuegos.
- Telefonía móvil.
- Cine de animación.
- (...)

En la **industria** y los **servicios**:

- Visión artificial.
 - Inspección.
 - Robótica.
- Generación y tratamiento de imágenes médicas.

Perspectiva histórica

El **procesamiento digital de imágenes** representa una generalización multidimensional de las técnicas de tratamiento digital de una señal unidimensional.

Los orígenes del procesamiento digital de la señal se remontan al siglo XIX, aunque su desarrollo práctico comienza en los años 60, cuando **Cooley** y **Tukey** propusieron un **algoritmo eficiente para el cálculo de la transformada de Fourier**; con la aparición de los microprocesadores, empezaron a diseñarse procesadores adaptados para su cálculo.