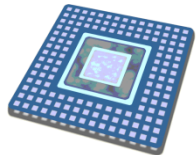


# Fundamentos de la Visión Artificial



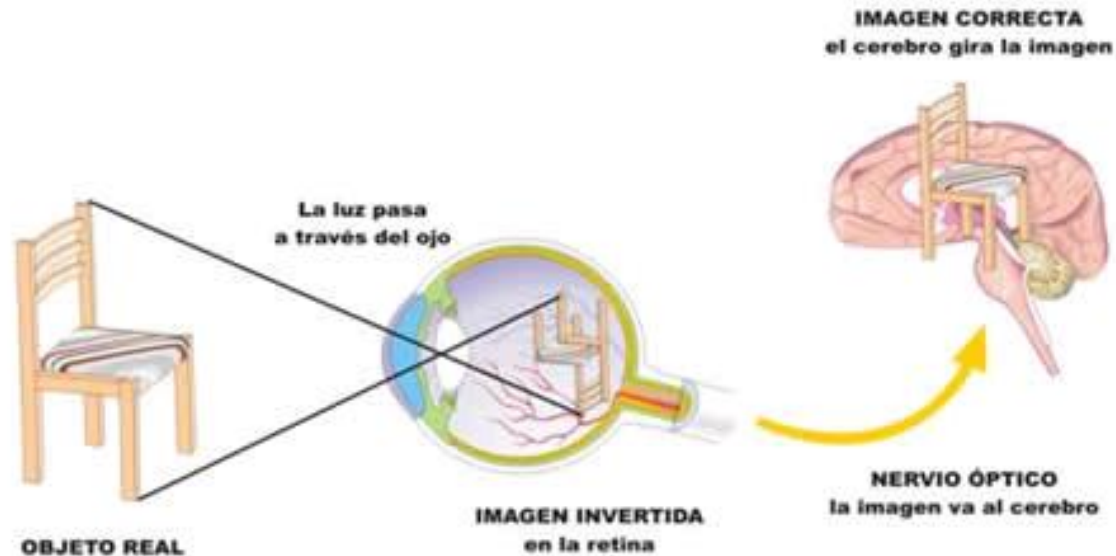
Departamento de  
**Arquitectura y**  
Tecnología de Computadores  
UNIVERSIDAD DE SEVILLA

Prof. Dr. Francisco Gómez Rodríguez  
Prof. Manuel J. Domínguez Morales

# Índice

1. Introducción a la Visión Artificial
2. Adquisición y representación de imágenes
3. Filtrado y realzado de imágenes
4. Segmentación
5. Fundamentos del Color
6. Extracción de características y clasificación

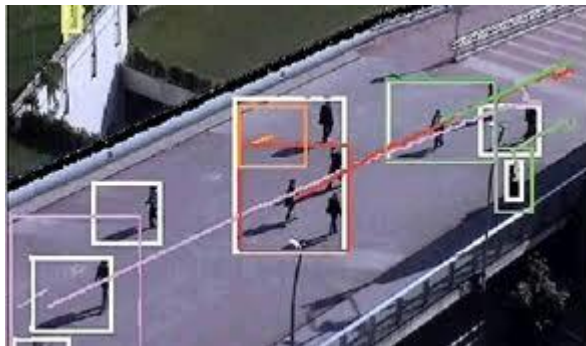
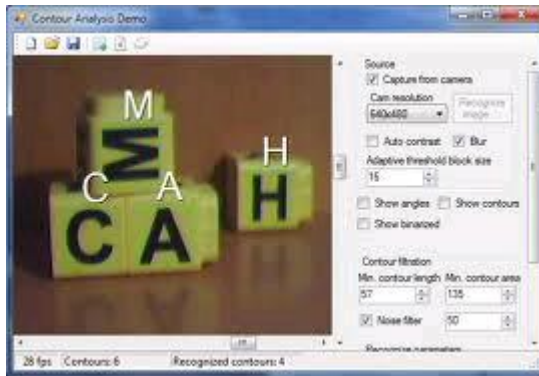
# Introducción a la Visión Artificial



- La visión es uno de los mecanismo sensoriales más importantes de los seres vivos superiores.

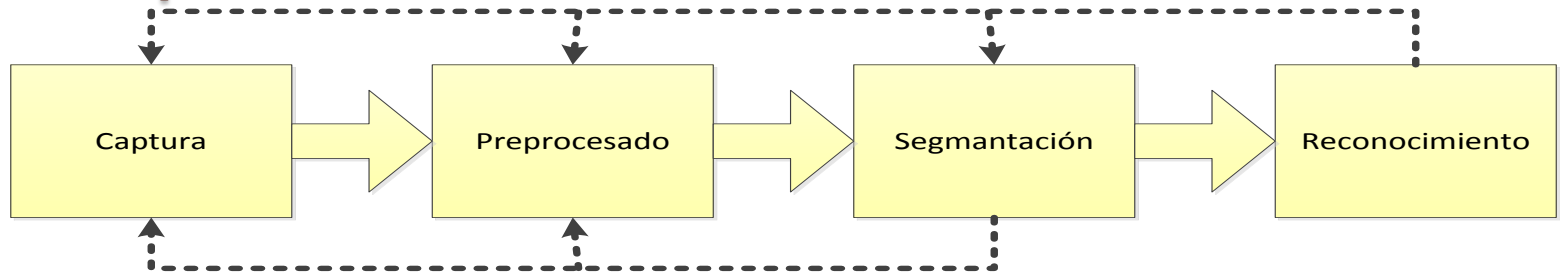
# Introducción a la Visión Artificial

- La visión artificial tiene como finalidad extracción de información del mundo físico a partir de imágenes digitales, utilizando para ellos un computador.
- Tiene aplicaciones en multitud de campos.



# Introducción a la Visión Artificial

## Etapas de un sistema de Visión Artificial



- **Captura:** adquisición de imágenes digitales mediante algún tipo de sensor, típicamente un CCD.
- **Preprocesado:** preparar la imagen eliminando las partes no útiles y/o realzando las partes interesantes.
- **Segmentación:** aislar los elementos de interés para su posterior interpretación
- **Reconocimiento:** distinguir los diferentes objetos segmentados en función de sus características.
- **En muchas ocasiones es necesario una realimentación entre las fases.**

# Adquisición y representación de imágenes

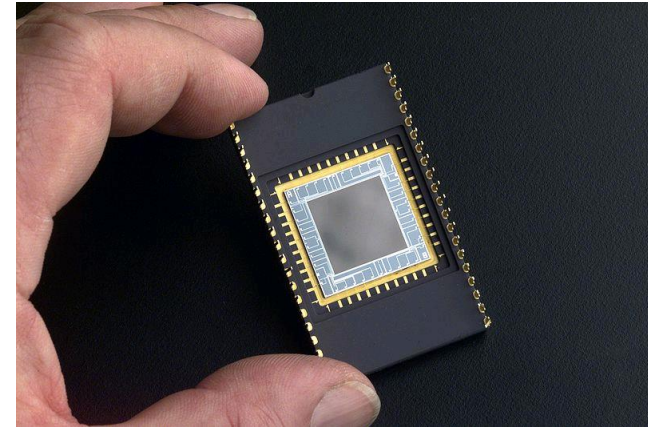
- Los procesos más importantes son la captura y la digitalización de la imagen.
- La imagen digital es una matriz bidimensional, cada elemento de la matriz se llama *pixel* (*picture element*).
- En el pixel se almacena el brillo en imágenes en niveles de gris (256 niveles), o intensidad de cada componente de una base de color (RGB) en imágenes a color (cada uno de ellos codificado en 256 niveles)



# Adquisición y representación de imágenes

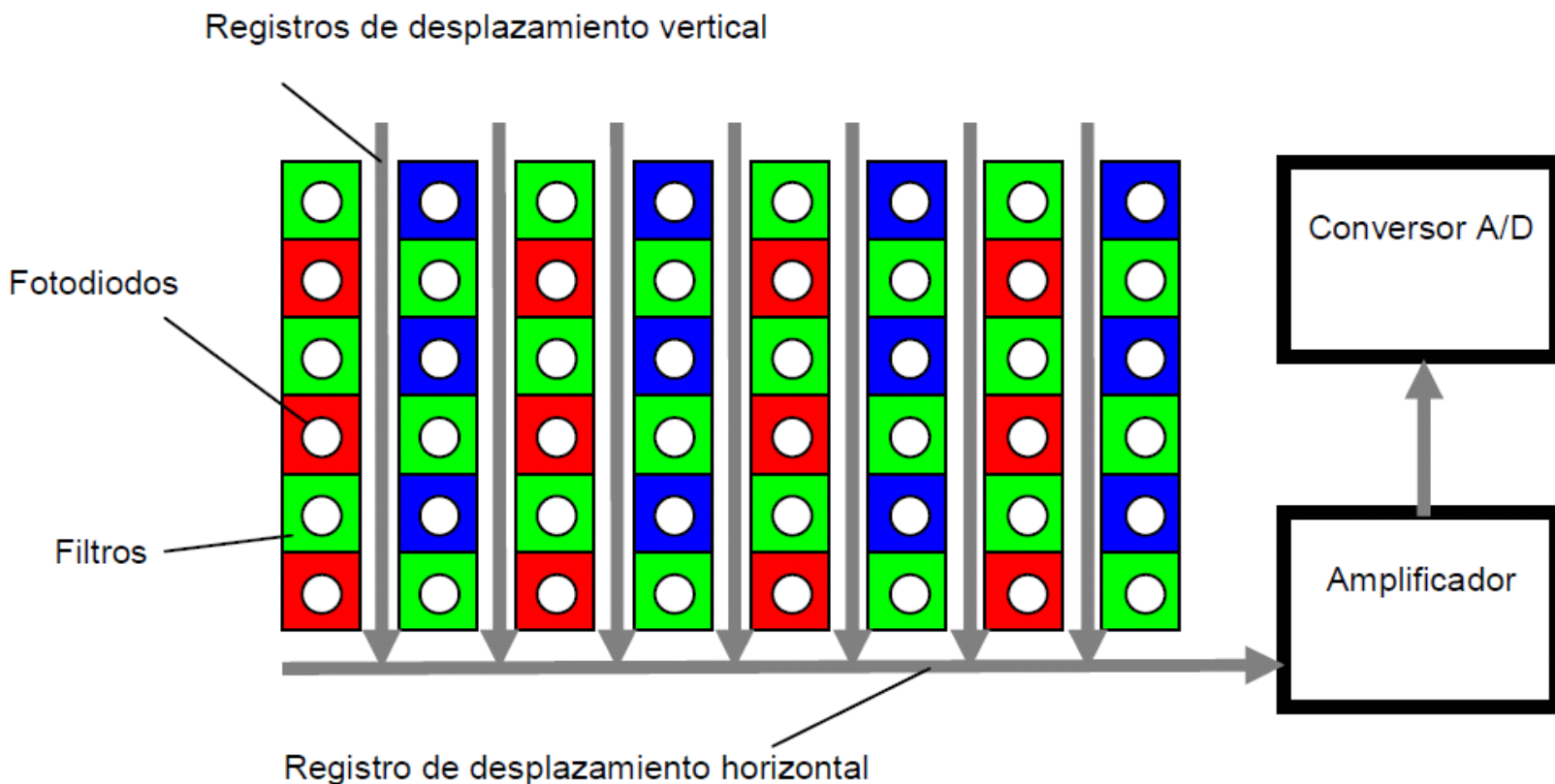
## Captura de imágenes

- Los dispositivos más usados son los CCD (charge-coupled device, en español dispositivo de carga acoplada)
- Inventado por Willard Boyle y George Smith el 17 de octubre de 1969 en los Laboratorios Bell, ambos premiados con el Premio Nobel de Física de 2009 precisamente por este invento



# Adquisición y representación de imágenes

## Captura de imágenes





# Adquisición y representación de imágenes

## Resolución espacial

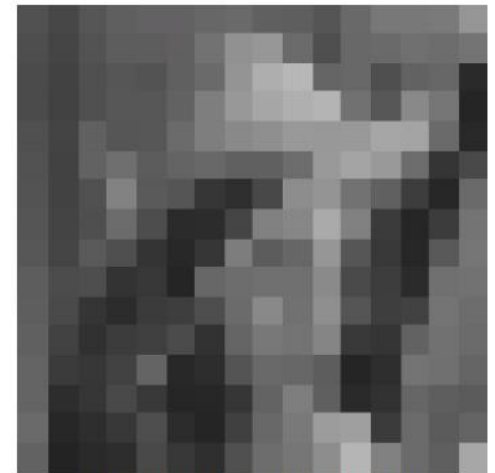
- Dependiendo de la cantidad de *pixeles* del sensor, la imagen poseerá más o menos resolución espacial.



256 Niveles de intensidad  
160 x 160 píxeles



256 Niveles de intensidad  
80 x 80 píxeles



256 Niveles de intensidad  
16 x 16 píxeles

# Adquisición y representación de imágenes

## Resolución en amplitud

- Dependiendo del número de niveles de gris, generalmente se usaran 256 niveles.



16 Niveles de intensidad  
160 x 160 píxeles



8 Niveles de intensidad  
160 x 160 píxeles

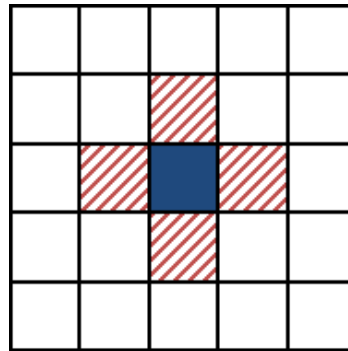


2 Niveles de intensidad  
160 x 160 píxeles

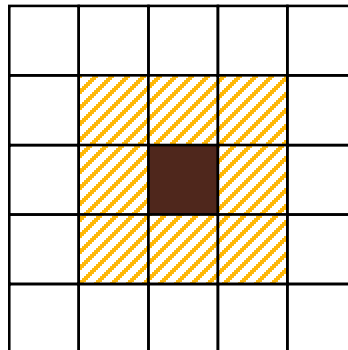
# Adquisición y representación de imágenes

## Vecindad

- 4-vecindad



- 8-vecindad



# Adquisición y representación de imágenes

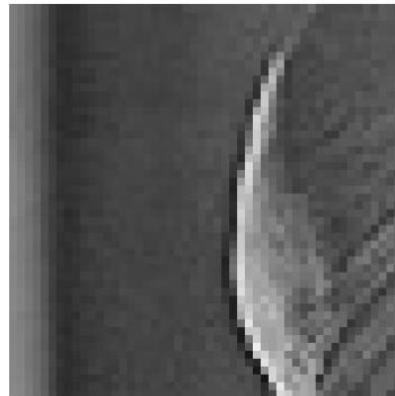
## Comprensión de imágenes



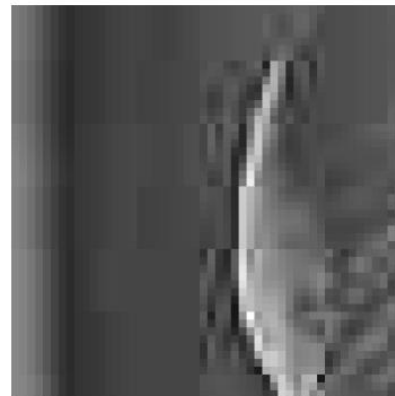
(a)



(b)



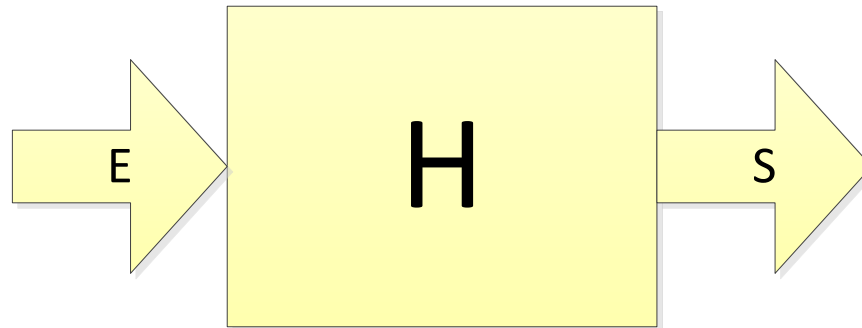
(c)



(d)

# Filtrado y realzado de imágenes

- Las operaciones que se pueden realizar sobre imágenes pueden ser entendidas como filtros.



# Filtrado y realzado de imágenes

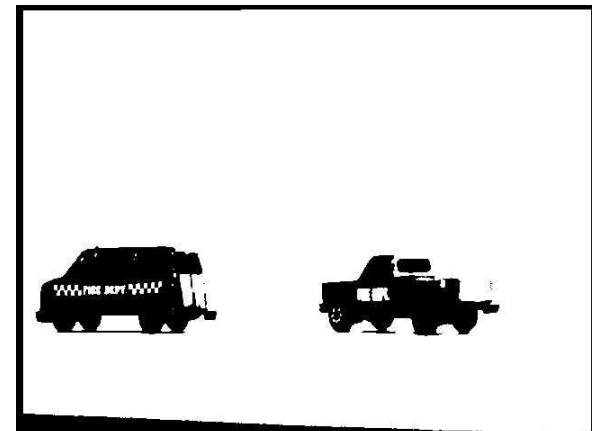
## Operaciones Básicas entre píxeles

- Operadores de umbral: cambia el valor del píxel en función de si cumple o no una condición.

- Umbral binario:

$$q = \begin{cases} 0 & \text{si } p \leq p_1 \\ 255 & \text{si } p > p_1 \end{cases}$$

Siendo  $q$  el nuevo valor del píxel y  $p$  e valor actual



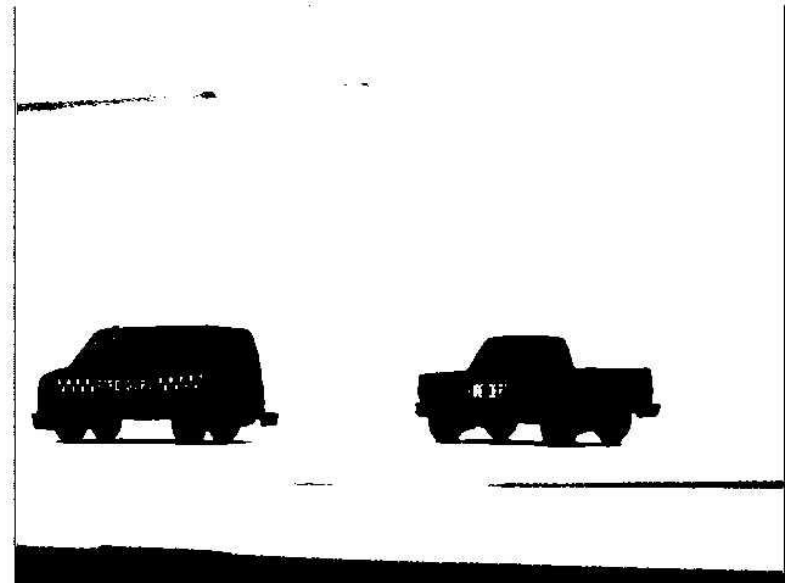
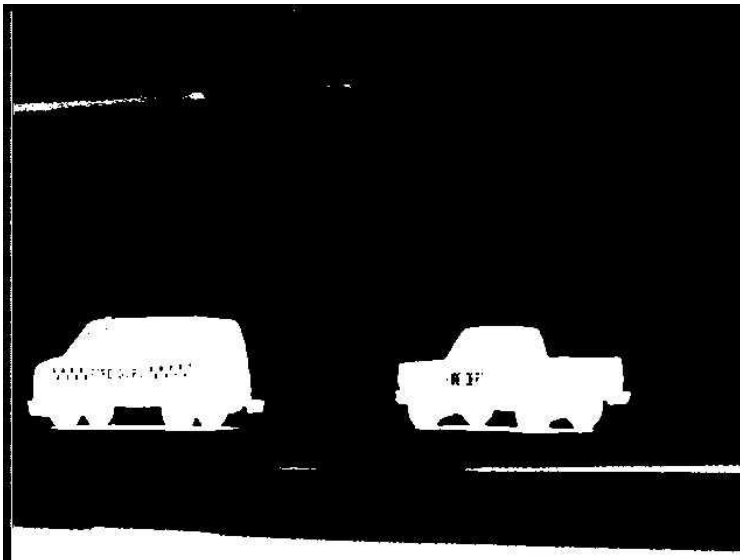


# Filtrado y realzado de imágenes

## Operaciones Básicas entre píxeles

- Umbral intervalo binario:

$$q = \begin{cases} 0 & \text{si } p \leq p_1 \text{ o } p \geq p_2 \\ 255 & \text{si } p_1 < p < p_2 \end{cases}$$

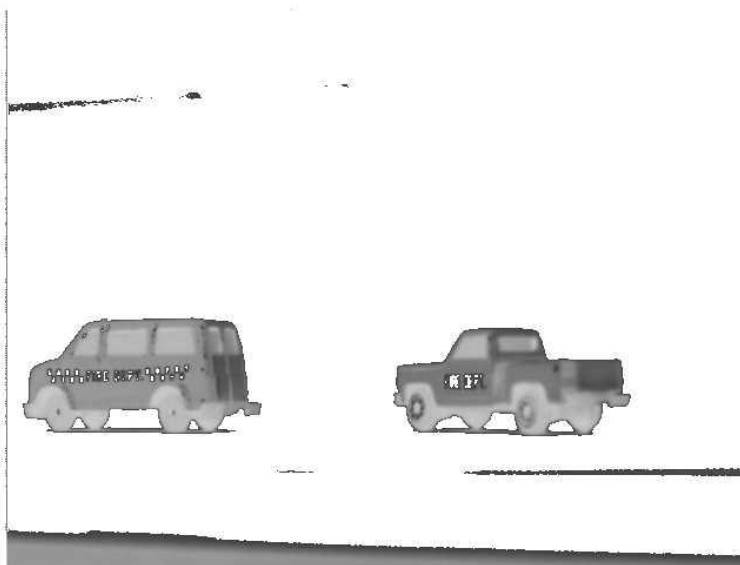


# Filtrado y realzado de imágenes

## Operaciones Básicas entre píxeles

- Umbral intervalo escala de grises

$$q = \begin{cases} 0 & \text{si } p \leq p_1 \text{ o } p \geq p_2 \\ p & \text{si } p_1 < p < p_2 \end{cases}$$



# Filtrado y realzado de imágenes

## Operaciones Básicas entre píxeles

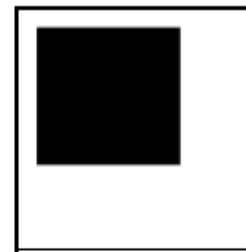
- Operaciones aritmético-lógicas: AND, OR, Neg., Suma, Resta, Multiplicación y División.



A



B



-A



A or B



A and B



$(A+B)/2$



$\max(0, A-B)$

# Filtrado y realzado de imágenes

## Operaciones Básicas entre píxeles

- Operaciones geométricas: si expresamos la posición de los píxeles dentro de la matriz en coordenadas homogéneas todas las transformaciones geométricas puede ser tratadas como multiplicaciones de matrices.
  - Traslación: mover lo píxeles de una imagen según un vector de movimiento.

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & d_x \\ 0 & 1 & d_y \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix}$$

# Filtrado y realzado de imágenes

## Operaciones Básicas entre píxeles

- Escalado: cambiar el tamaño de una imagen

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} s_x & 0 & 0 \\ 0 & s_y & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix}$$

- Rotación: Girar los píxeles entorno al origen de coordenadas (por convención el pixel 0, 0 es el situado en la esquina superior izquierda)

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(\theta) & -\text{sen}(\theta) & 0 \\ \text{sen}(\theta) & \cos(\theta) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix}$$

# Filtrado y realzado de imágenes

## Operaciones sobre el Histograma

- **Histograma:** Es un diagrama de barras en el que la altura de cada barra es proporcional al número de píxeles que tiene un determinado nivel de gris (o componente de color).

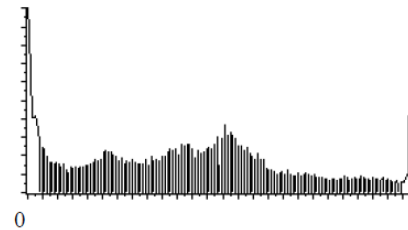
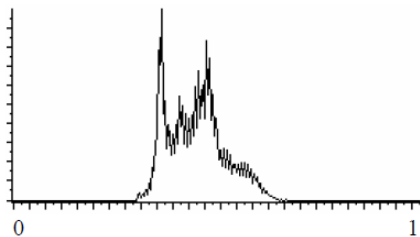




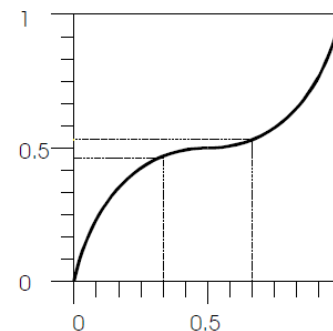
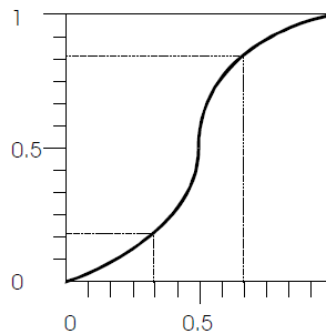
# Filtrado y realzado de imágenes

## Operaciones sobre el Histograma: Cambio de contraste

- **Contraste:** diferencia relativa en la intensidad entre un punto de una imagen y sus alrededores. Una imagen con alto contraste presentará un histograma con dos masas de separadas.

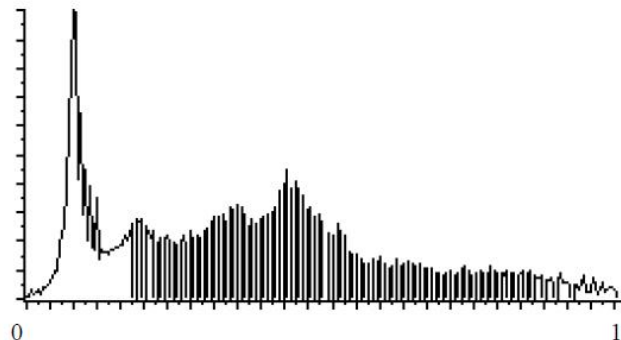
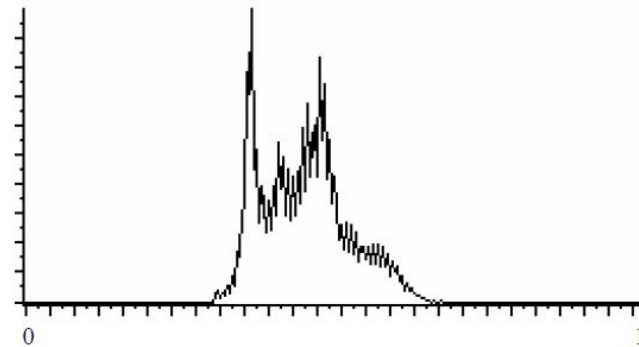
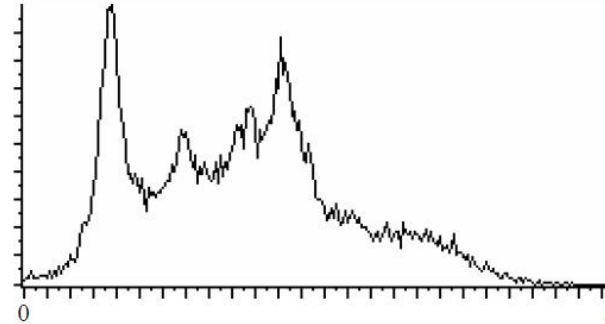


- Para cambiar el contraste de una imagen se usa las siguientes funciones de transferencia:



# Filtrado y realzado de imágenes

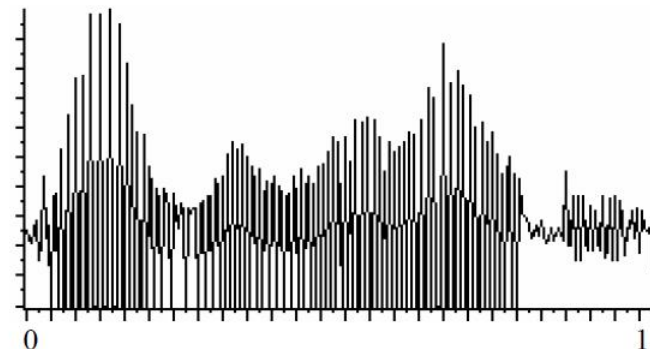
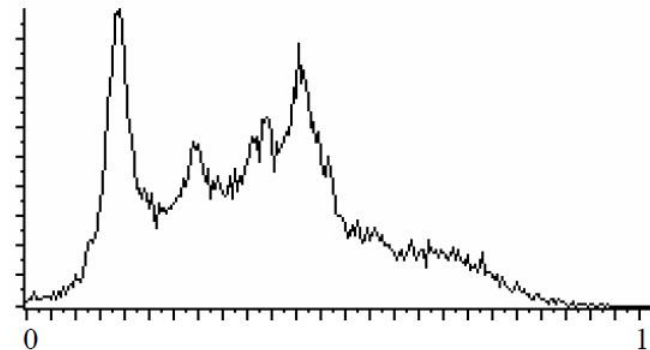
## Operaciones sobre el Histograma: Cambio de contraste



# Filtrado y realzado de imágenes

## Ecualización del histogramas

- Conseguir un histograma con una distribución uniforme de los diferentes niveles de gris  $\rightarrow$  mejora la calidad de la imagen para su posterior procesamiento.



# Filtrado y realzado de imágenes

## Filtrado espacial

- Convolución: Su formulación para el caso bidimensional discreto es:

$$I'(x, y) = \frac{1}{D} \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n I(i, j) \cdot h(x-i, y-j) \quad \forall x, y = 0, 1, \dots, N-1$$

- Donde  $I'$  es la imagen filtrada,  $I$  es la imagen original y  $h$  es la mascara de convolución o filtro (generalmente es una matriz de 3x3).

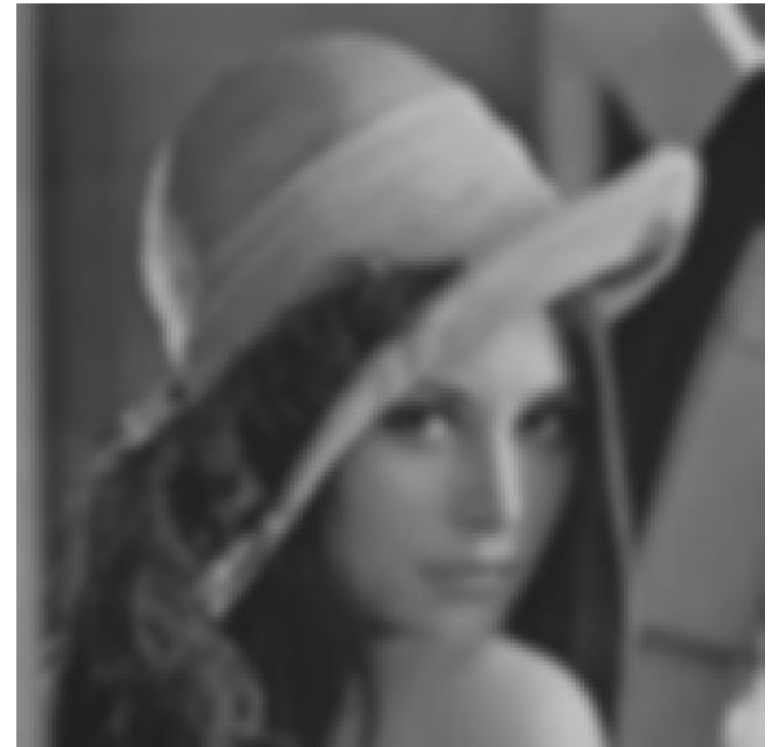
$$\begin{aligned} I'(x, y) = I(x, y) * h = & h_1 I(x-1, y-1) + h_2 I(x, y-1) + h_3 I(x+1, y-1) + \\ & h_4 I(x-1, y) + h_5 I(x, y) + h_6 I(x+1, y) + \\ & h_7 I(x-1, y+1) + h_8 I(x, y+1) + h_9 I(x+1, y+1) \end{aligned}$$

# Filtrado y realzado de imágenes

## Filtros de suavizado

- Filtro de media o paso de baja

$$h = \frac{1}{9} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$





# Filtrado y realzado de imágenes

## Filtros de suavizado



- Otros filtros de suavizado

$$h = \frac{1}{10} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

$$h = \frac{1}{16} \begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{pmatrix}$$



# Filtrado y realzado de imágenes

## Filtros de obtención de contornos

- Contornos simples

$$h_1 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad h_2 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \end{pmatrix}$$

- Sobel

$$h_1 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{pmatrix} \quad h_2 = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{pmatrix}$$

- Prewitt

$$\begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \text{ y } \begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

# Filtrado y realzado de imágenes

## Filtros de obtención de contornos



# Filtrado y realzado de imágenes

## Filtro de la Laplaciana

- Este operador, que se basa en la segunda derivada, se hace cero cuando la primera derivada se hace máximo, es decir cuando aparece un cambio de signo en la primera derivada. En forma de filtro de convolución:

$$h = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \quad \text{o} \quad h = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -8 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$



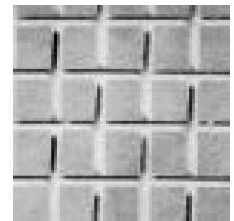
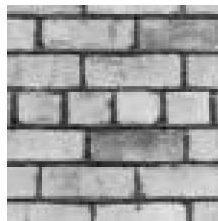
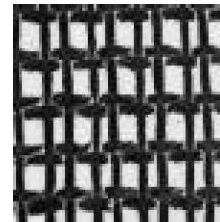
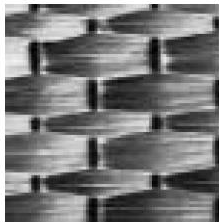
# Segmentación

- Consiste en dividir una imagen digital en regiones homogéneas con respecto a una o más características (como por ejemplo el brillo o el color) con el fin de facilitar un posterior análisis o reconocimiento automático: localizar una cara o los límites de una palabra.
- Como resultado de la segmentación se obtendrá otra imagen en la que cada píxel contiene una etiqueta correspondiente un objeto.
- Se tiene en cuenta aspectos como los contornos y las texturas.

# Segmentación

## Textura

- la textura de un objeto dentro de una imagen es el conjunto de formas que se aprecia sobre su superficie y que lo dota de cierto grado de regularidad.
- Una definición clásica de textura es la siguiente: “uno o más patrones locales que se repiten de manera periódica”.



# Segmentación

## Contorno

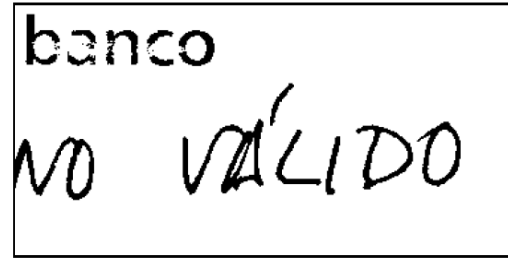
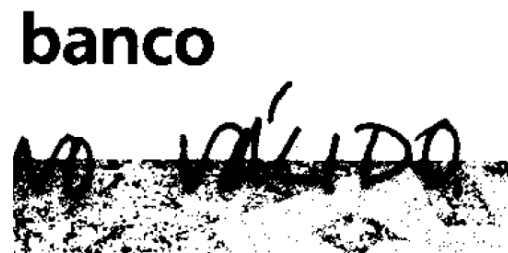
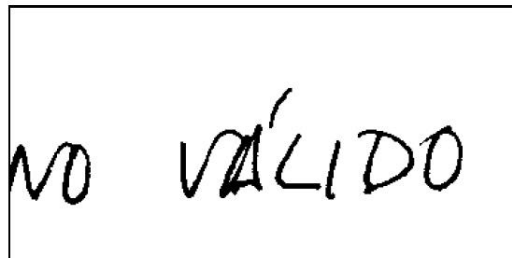
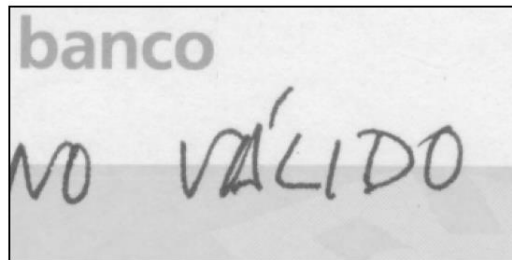
- El contorno de un objeto en una imagen digital corresponde al mínimo conjunto de píxeles que separa ese objeto del fondo de la imagen. Normalmente estos contornos se corresponden con los puntos donde se producen discontinuidades en los valores de píxeles adyacentes o con los puntos donde cambia un patrón que se repite



# Segmentación

## Basada en la umbralización

- Es un proceso que permite convertir una imagen de niveles de gris o de color en una imagen binaria, de tal forma que los objetos de interés se etiqueten con un valor distinto al de los píxeles del fondo.
  - Se aplicarán alguno de los operadores de umbralización descritos en las transparencias 14 a la 16.



# Segmentación

## Basada en la detección de contorno

- Basándose en las relaciones de vecindad, se puede segmentar una imagen agrupando los píxeles con una color uniforme y distinto del fondo.

En este tema se introduce

- Algoritmo de etiquetado
  - Se recorre la imagen de izquierda a derecha y de arriba a abajo.
  - Cuando encuentra un píxel a negro le asigna una etiqueta de un contador que posee y entra en una función recursiva que recorre los píxeles adyacentes, siguiendo un orden determinado, marcándolos como visitados y asignándoles el mismo valor del contador.
  - Una vez recorridos todos los píxeles de ese objeto incrementa el contador y sigue recorriendo la imagen en busca del siguiente píxel a negro.

# Segmentación

## Basadas en el crecimiento de regiones (i)

- Determinan zonas dentro de una imagen basándose en criterios de similitud y proximidad entre los píxeles de la misma.
- En estas técnicas la homogeneidad (o falta de homogeneidad) entre regiones adyacentes es el criterio utilizado para unir (o dividir) regiones de la imagen.
- La homogeneidad se puede definir a partir de criterios como: el nivel de gris medio, el color, la forma, etc.
- El resultado de la segmentación es una partición de la imagen en regiones homogéneas.
- Estas técnicas trabajan mejor en imágenes con ruido, en donde los contornos son difíciles de localizar.
- La segmentación resultante de una detección de contornos y la basada en crecimiento de regiones, aplicadas a una misma imagen no producen normalmente el mismo resultado. → Combinar ambas técnicas.

# Segmentación

## Basadas en el crecimiento de regiones (ii)

- Unión de regiones
  - Este procedimiento agrupa píxeles de la imagen formando regiones de similares características.
  - Inicialmente se elige una colección de píxeles de manera aleatoria que actúan como “semillas” para comenzar el crecimiento.
  - A estos puntos de la imagen se les agrega los adyacentes cuando tienen valores que cumplen algún criterio de homogeneidad con los puntos semilla.
  - Si ocurre esto, pertenecen a la misma región y pasan a tener los mismos valores que los puntos semilla.
  - El criterio de homogeneidad más usual suele consistir en que un píxel, adyacente a una región, se agregue a ésta si su intensidad es similar a la media de las intensidades de los píxeles de la región.
  - El principal inconveniente del método se deriva de que el resultado depende de la elección inicial de los puntos semilla.

# Segmentación

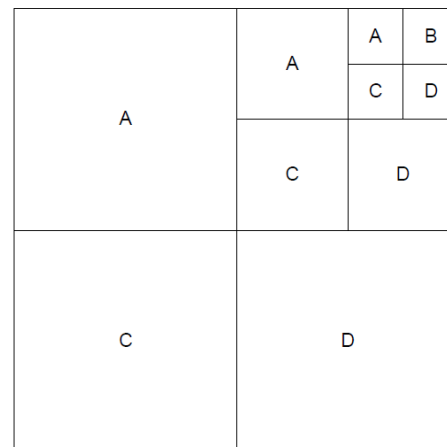
## Basadas en el crecimiento de regiones (iii)

- Unión de regiones
  - Es un proceso opuesto al de unión de regiones.
  - Se parte una única región que representa a toda la imagen, y si dicha región no satisface el criterio de homogeneidad establecido, la región inicial se divide, de manera secuencial, en
  - subregiones de las que se estudia su homogeneidad.
  - Si una subregión está formada por puntos homogéneos, no se subdivide; si no, se sigue dividiendo.
  - Los criterios utilizados para dividir regiones son similares a los usados para agruparlas, y sólo se diferencian en la dirección en que se aplican.

# Segmentación

## Basadas en el crecimiento de regiones (iv)

- División y unión de regiones (“Split and merge”)
  - Horowitz y Pavlidis propusieron en 1976 un método que solventa el problema de la elección arbitraria de “semillas” para agrupar regiones.
  - El algoritmo recibe la imagen a segmentar y devuelve una imagen resultado formada por regiones homogéneas.
  - El algoritmo propuesto sigue la técnica de “divide y vencerás y tiene dos fases: dividir la imagen en subimágenes o regiones (split) y luego agrupar subimágenes similares (merge).



# Segmentación

## Basadas en el crecimiento de regiones (v)

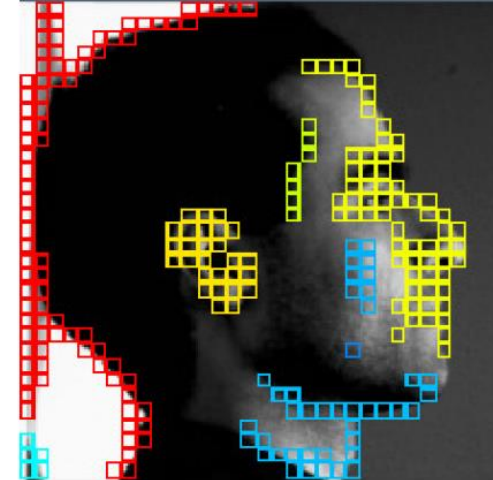
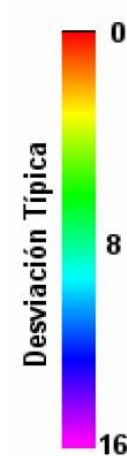
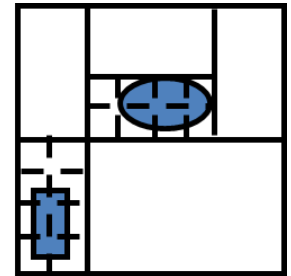
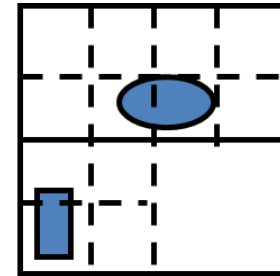
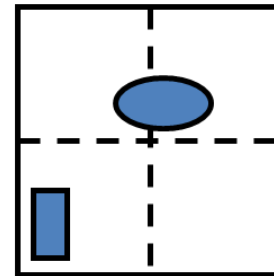
1	1	0	0	0	1
1	0	0	1	0	1
1	0	1	1	0	1
1	1	0	0	1	1

Imagen binaria



1	1	2	2	2	3
1	2	2	4	2	3
1	2	4	4	2	3
1	1	5	5	3	3

Crecimiento de 4-reg





# Segmentación

## Basada en el movimiento

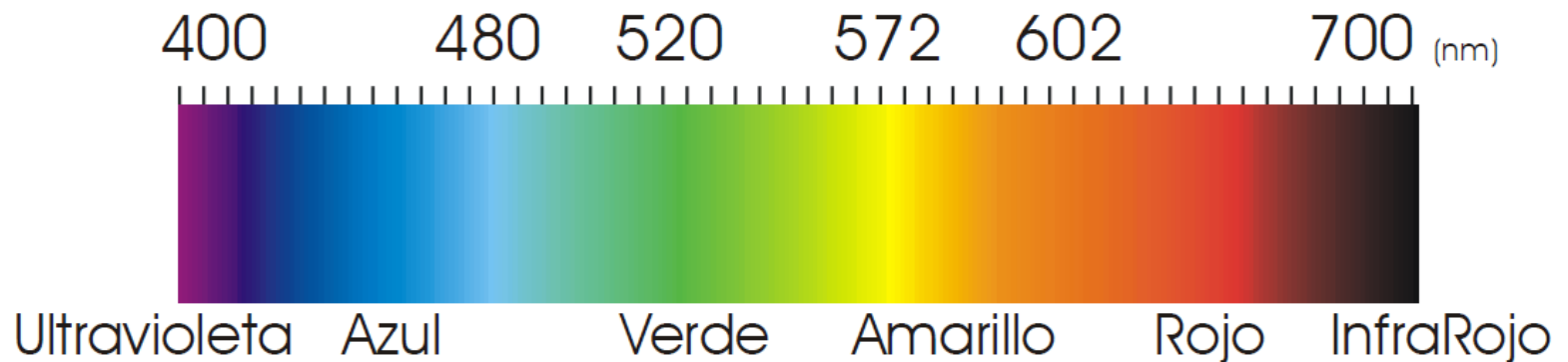
- Útil cuando los objetos que se quieres extraer están en movimiento
  - Umbralizar usando dos imágenes tomadas con muy poco tiempo de separación pero suficiente como para apreciar el cambio de posición del objeto.

$$d_{t,t+1}(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{si } |I_t(x, y) - I_{t+1}(x, y)| > U \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

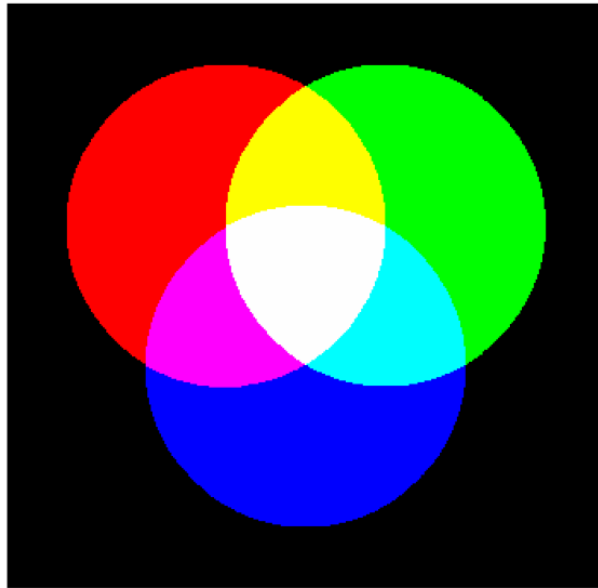
- Aplicar alguno de la métodos anteriores.

# Fundamentos del Color (i)

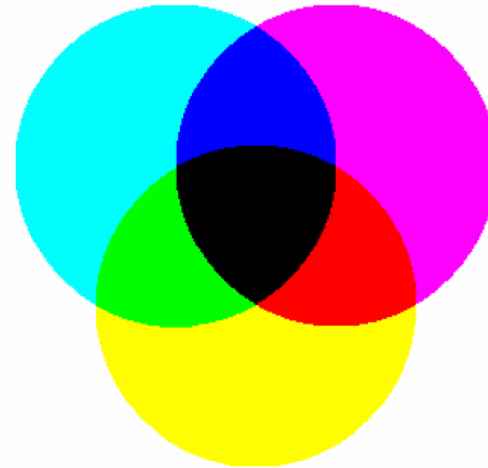
- La importancia del color en visión artificial viene motivado por dos aspectos:
  - Es un potente discriminador
  - El ojo humano es capaz de distinguir una amplia gama de color comparado con los tonos de gris



# Fundamentos del Color (ii)



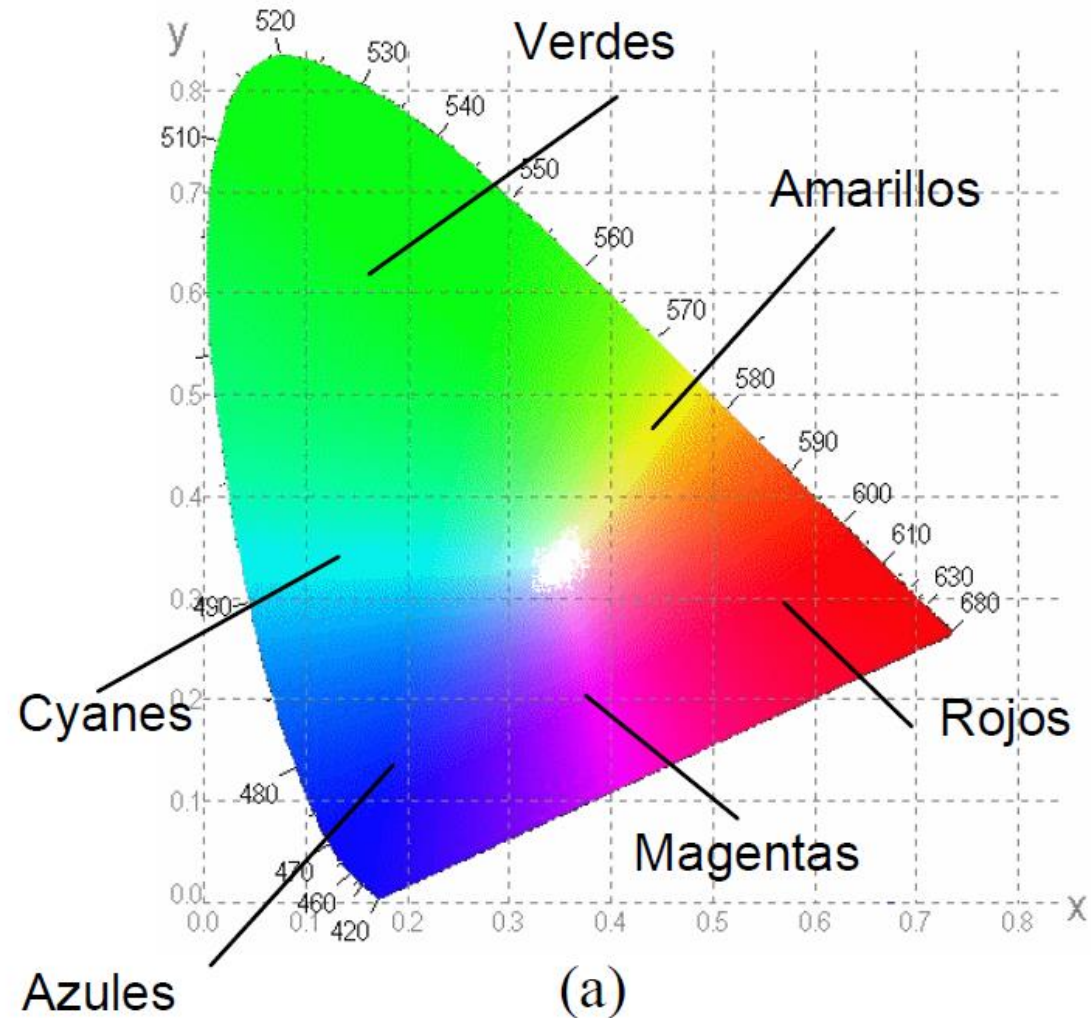
Componentes de la luz



Pigmentos Primarios

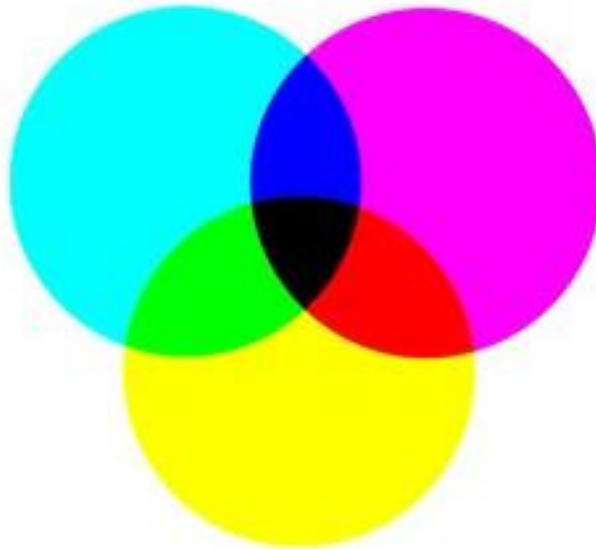
- **Brillo:** Intensidad del color
- **Matiz o tono:** longitud de onda dominando en la mezcla de colores, color percibido por el observador.
- **Saturación:** relación entre la onda dominante y el resto.

# Fundamentos del Color (iii)

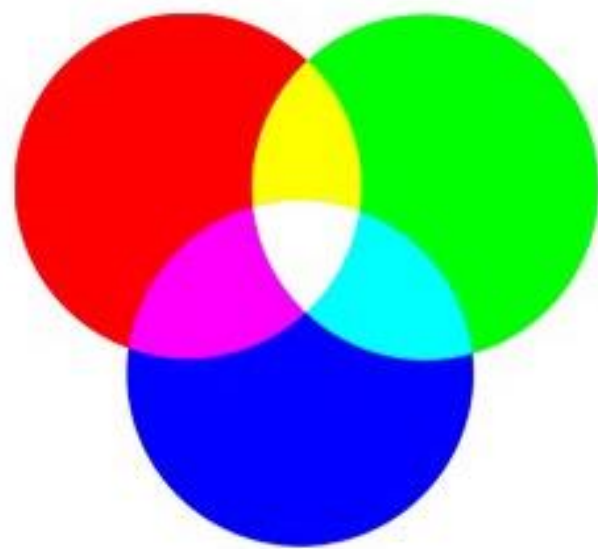


# Fundamentos del Color

## Modelos de color (CMY y RGB)



CMY

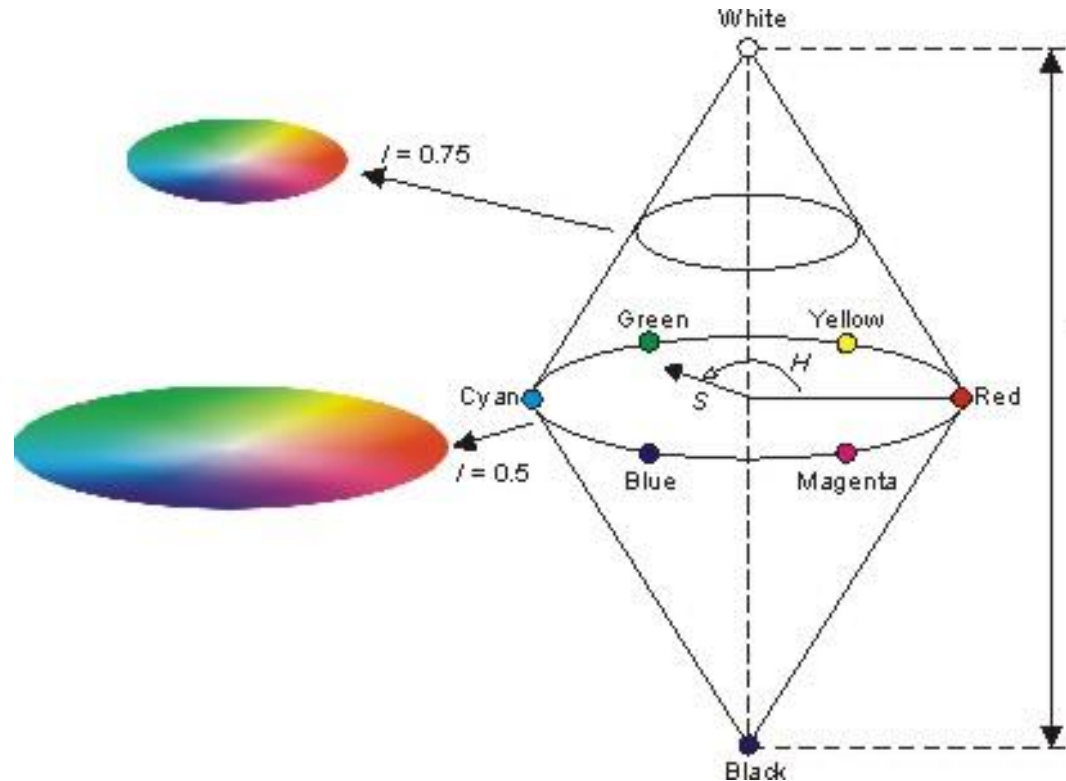


RGB

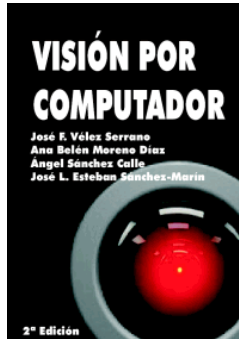
# Fundamentos del Color

## Modelos de color (HSI)

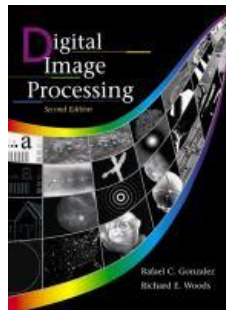
- Tiene en cuenta el matiz, la saturación y la intensidad.
- Esta mejor adaptado a como lo humanos percibimos el color



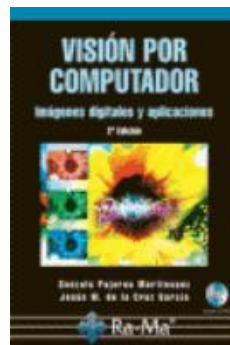
# Bibliografía



- Visión por computador
  - José Francisco Vélez Serrano, Ana Belén Moreno Díaz, Ángel Sánchez Calle, José L. Esteban Sánchez-Marín
  - <http://www.visionporcomputador.es/libroVision/libro.html>



- Digital Image Processing
  - Rafael C. González, Richard E. Woods



- Visión por computador : imágenes digitales y aplicaciones
  - Gonzalo Pajares Martinsanz, Jesús M. de la Cruz García