



UAI

UNIVERSIDAD ADOLFO IBÁÑEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS



iUAI
UNIVERSIDAD ADOLFO IBÁÑEZ
FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS

MDS²⁰¹⁹⁻¹ PROCESAMIENTO
DE IMÁGENES

INTRODUCCIÓN

Miguel Carrasco
miguel.carrasco@uai.cl
1 Semestre 2020

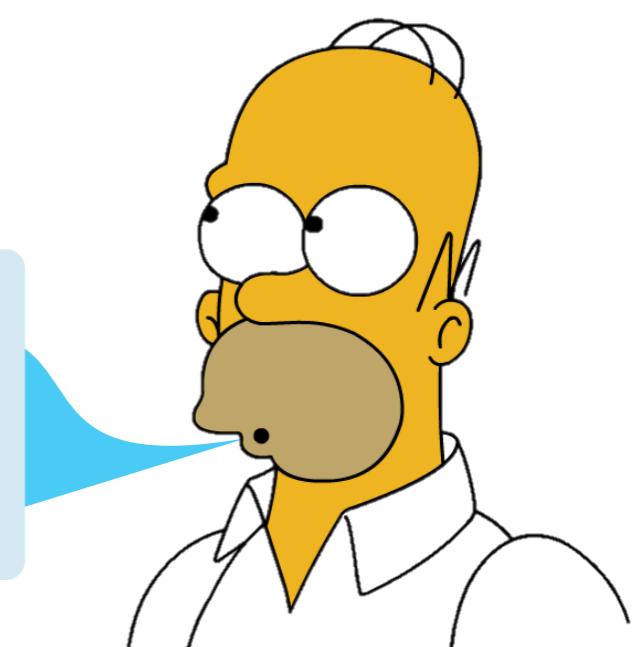
- ▶ Aspectos administrativos
- ▶ Procesamiento de imágenes
- ▶ Modelos de color

▶ Formalidades

- Martes: 18:30 a 21:45
- Evaluaciones obligatorias: 4 tareas. Nota final (promedio de 4 tareas)
- Consultas: email (o por zoom previa coordinación)

IMPORTANTE

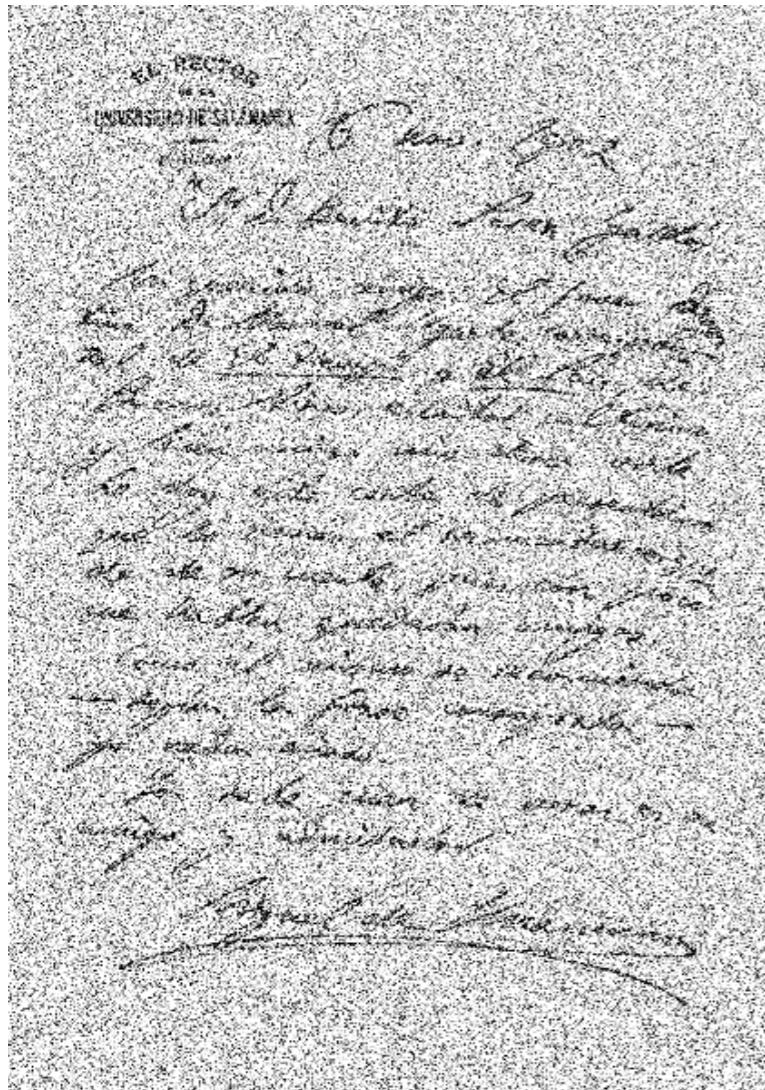
- Cualquier copia será evaluada con nota 1.0 y notificada al consejo de la Facultad.



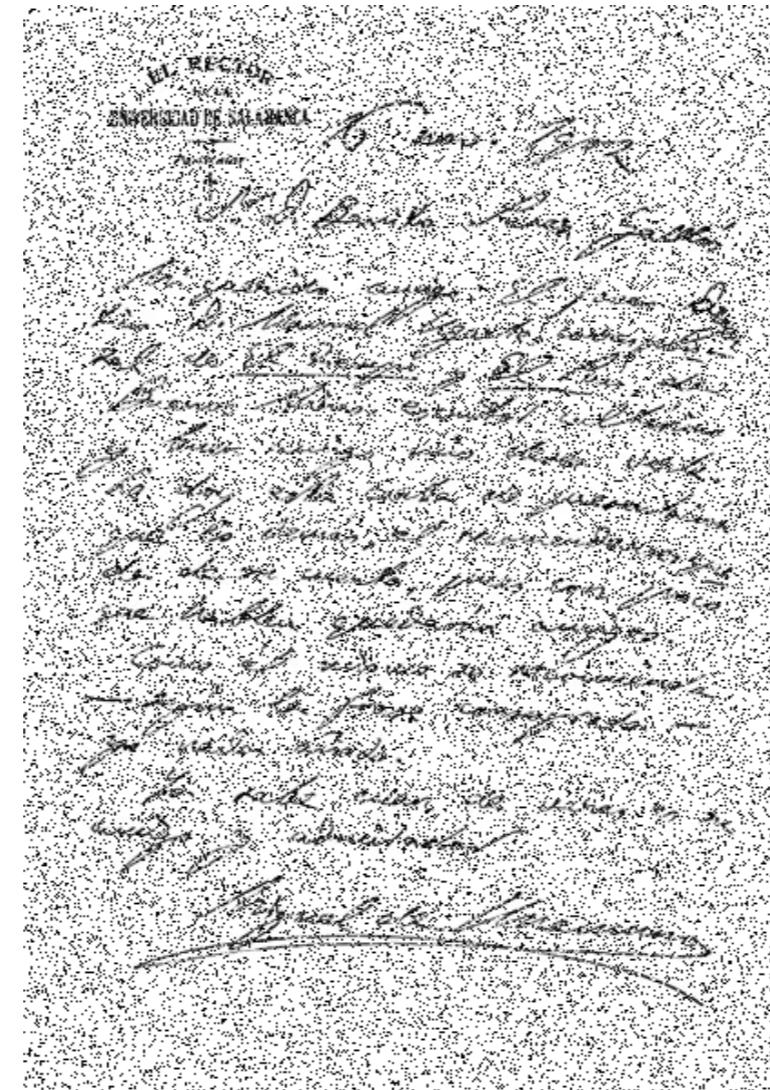
- ▶ Aspectos administrativos
- ▶ Procesamiento de imágenes
 - Ejemplos
 - Motivación
 - El ojo humano
 - Percepción



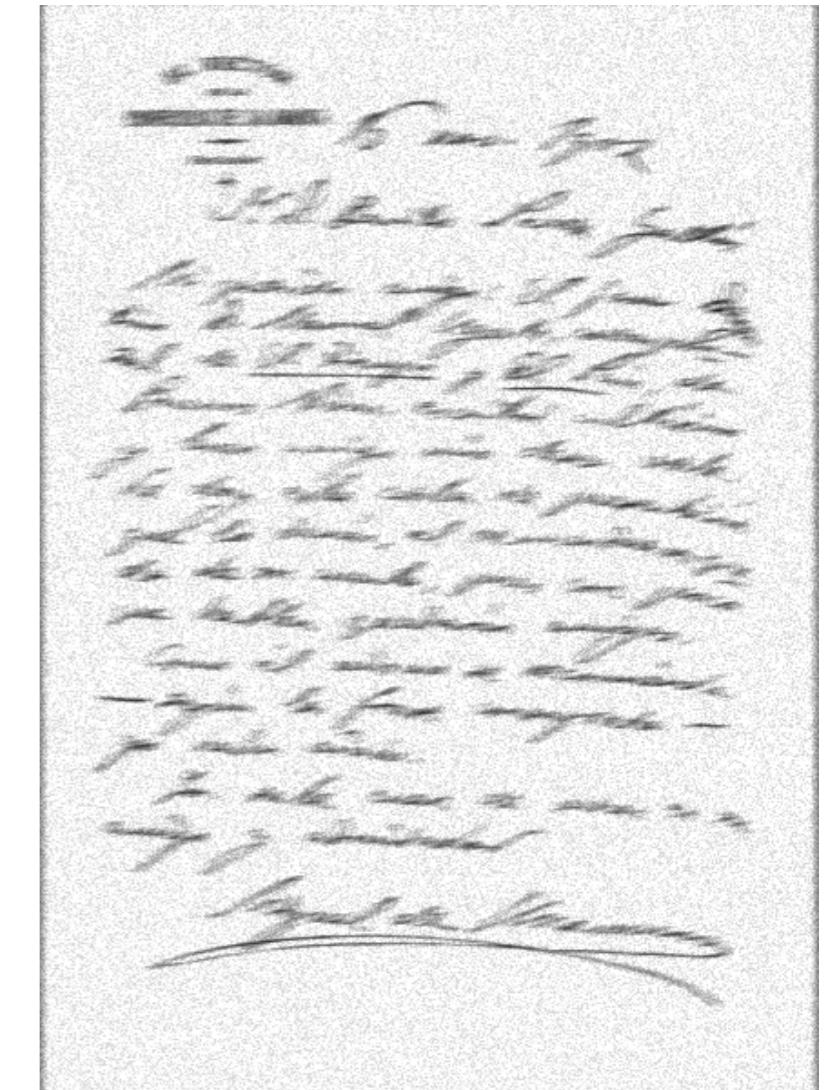
Ejemplo 1. Cartas con ruido



(carta 1)

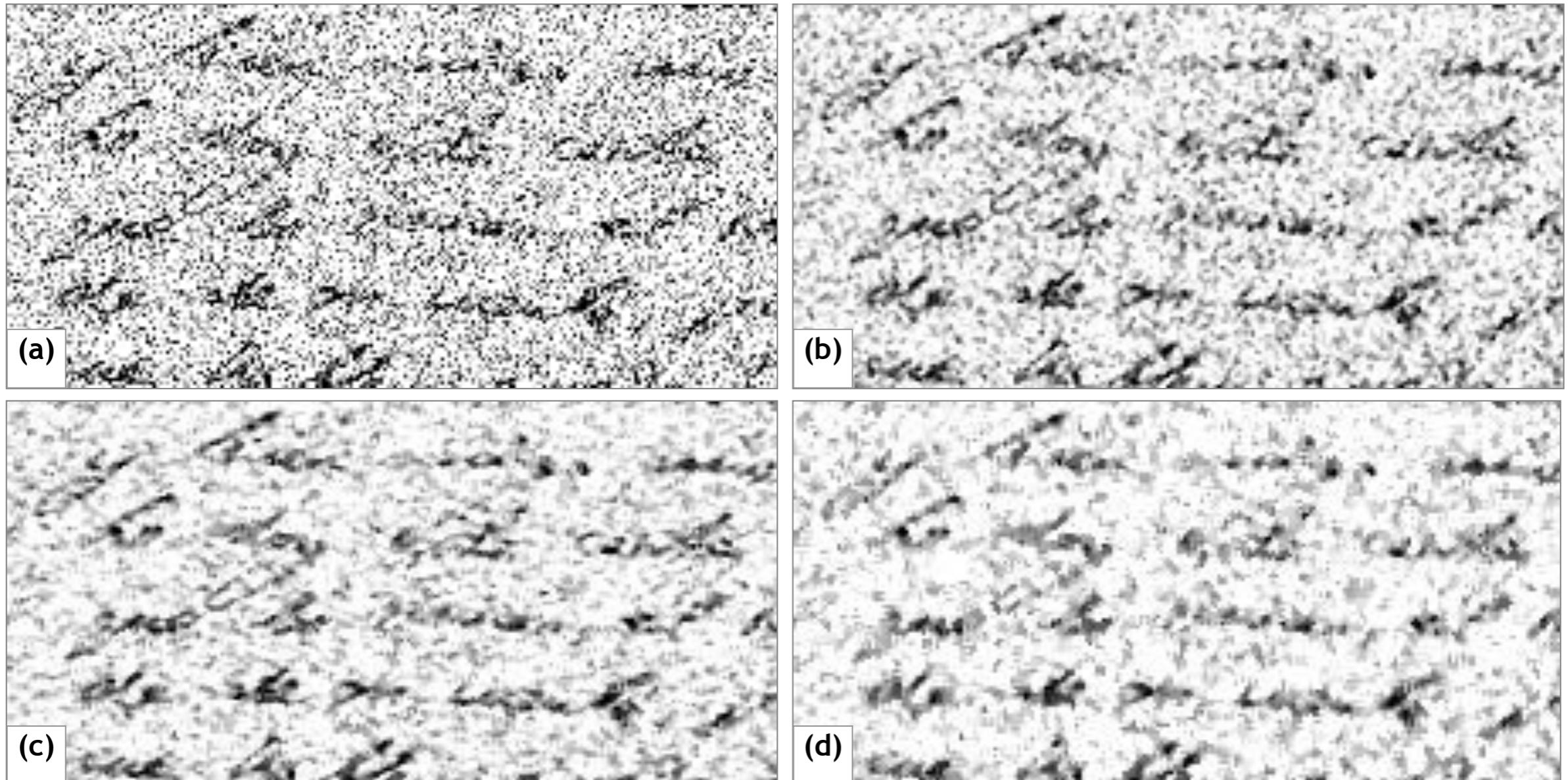


(carta 2)



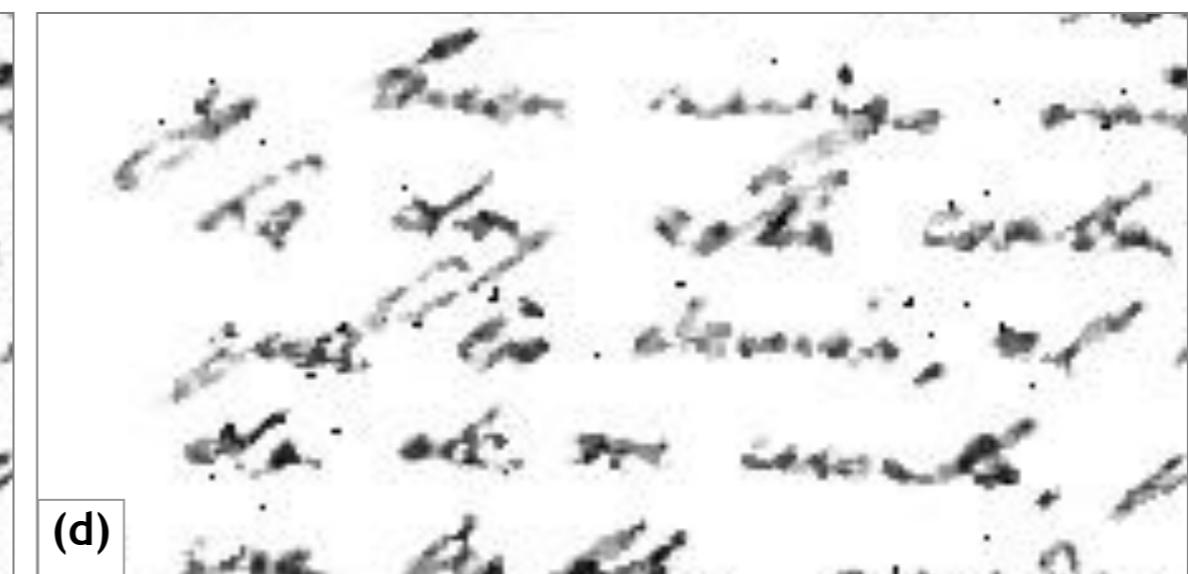
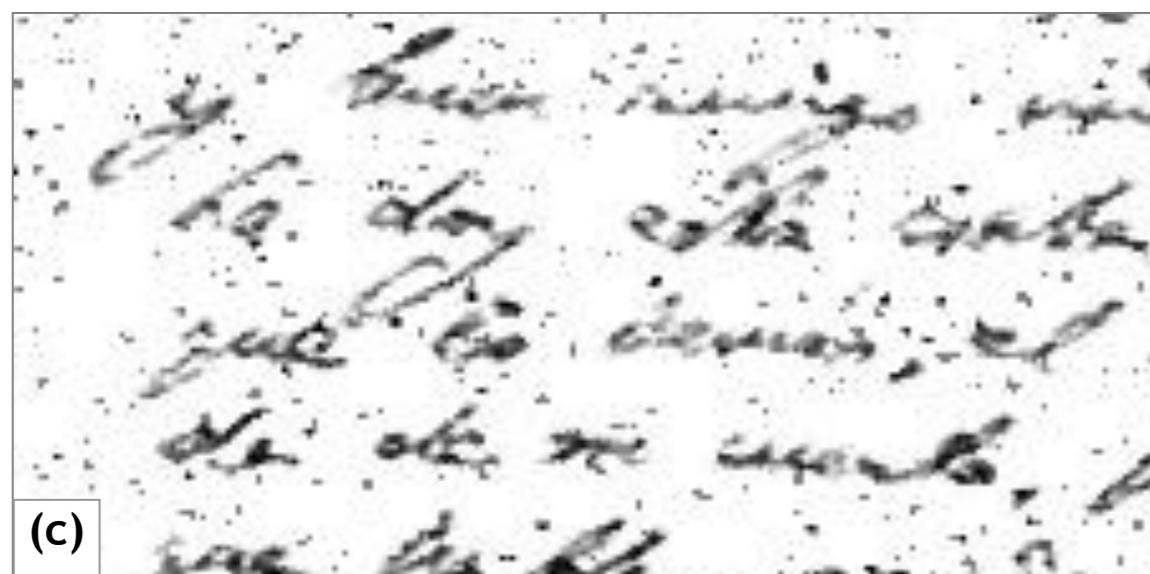
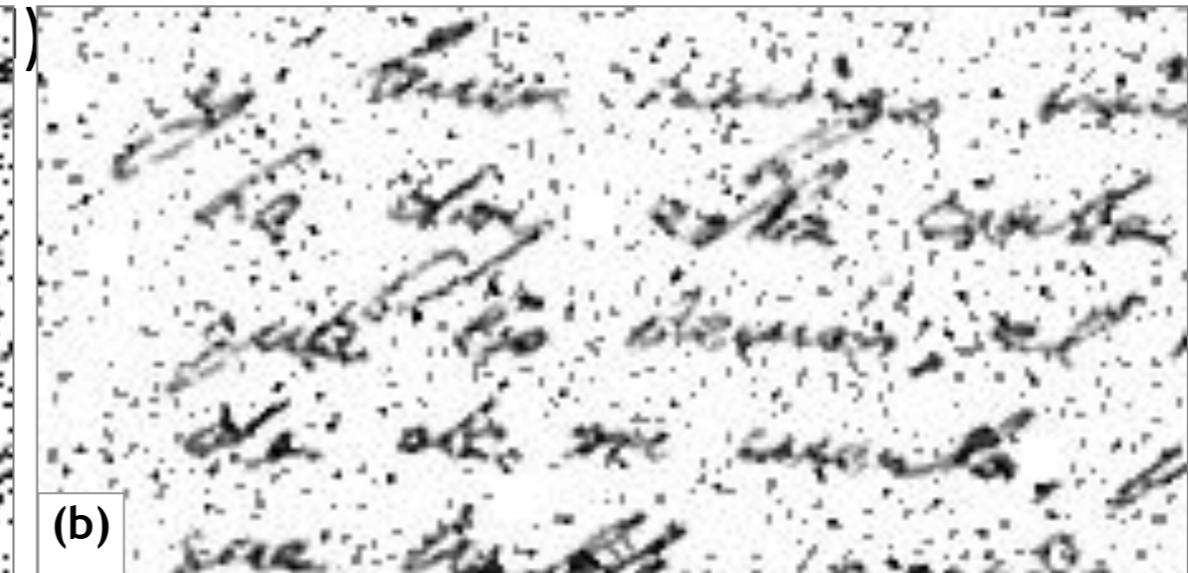
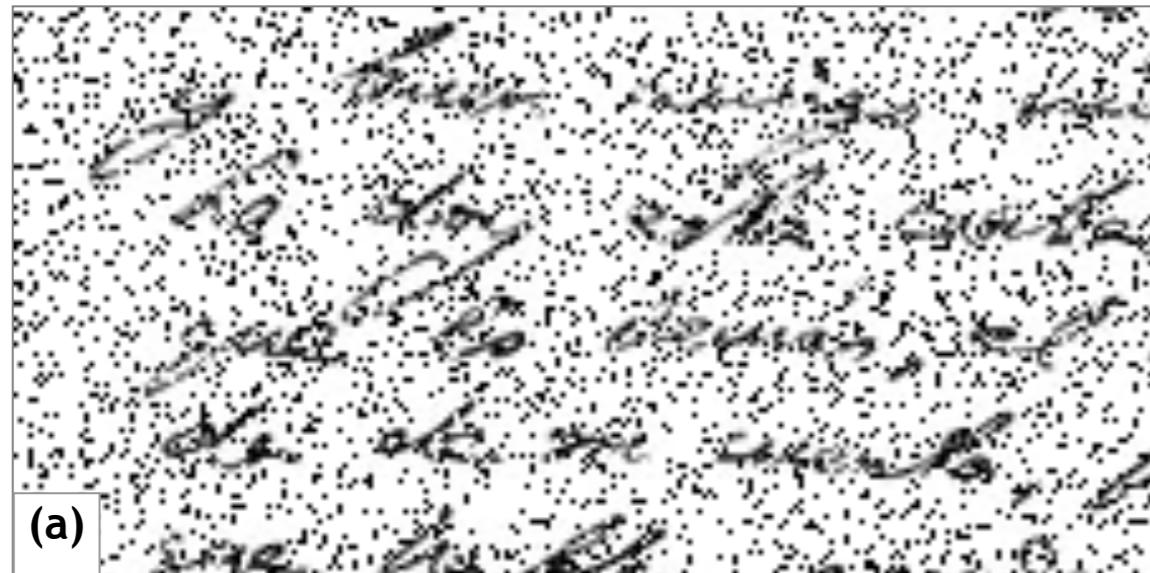
(carta 3)

Ejemplo 1. Aplicando la mediana

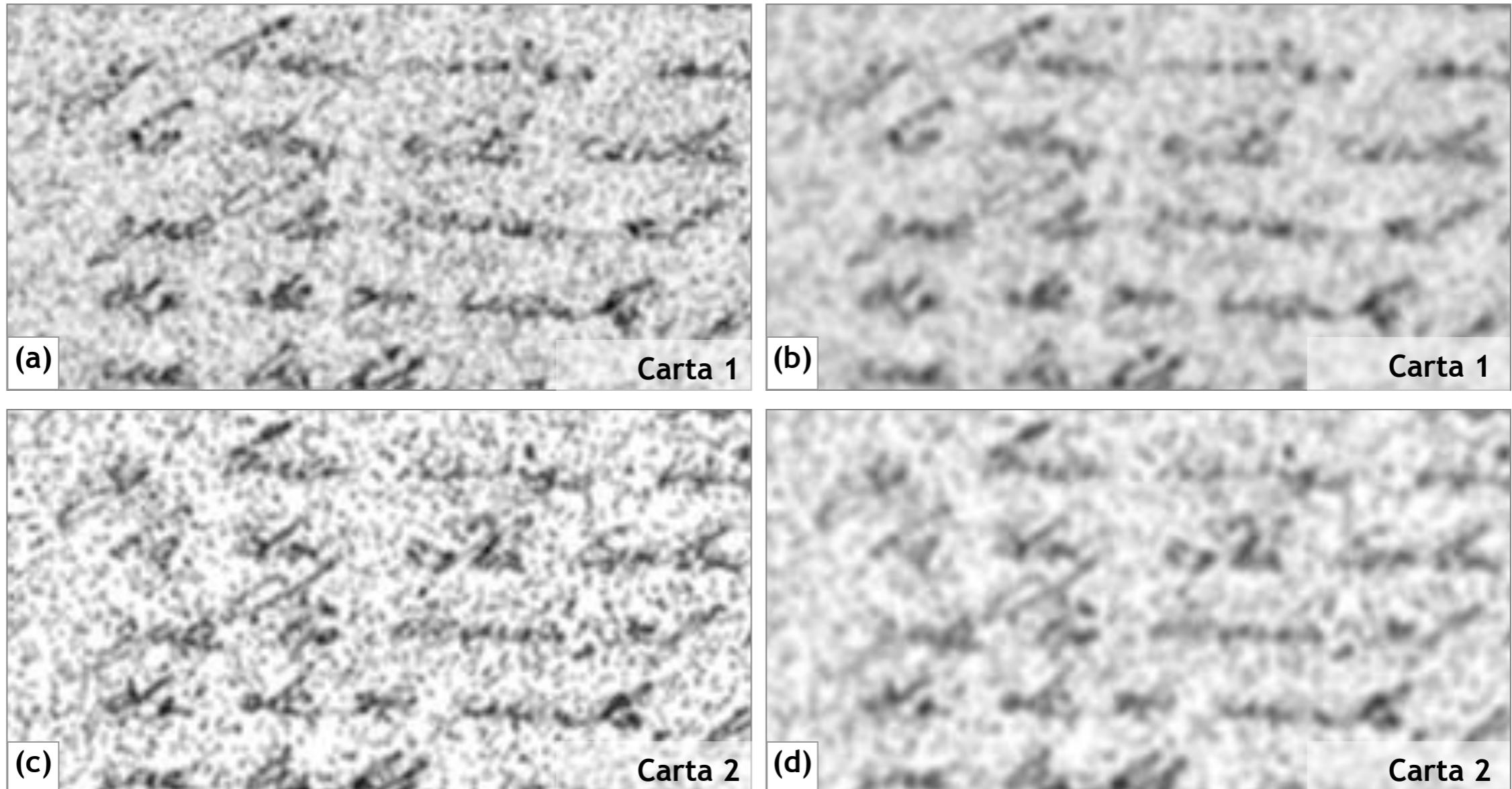


(a) Sección de la carta 1 de 227x113 píxeles, (b) mediana con máscara de 2x2, (c) mediana con máscara de 2x3, (d) mediana con máscara de 3x3.

- ▶ Sección de la carta 1 de 227x113 píxeles, (b) mediana con máscara de 2x2,

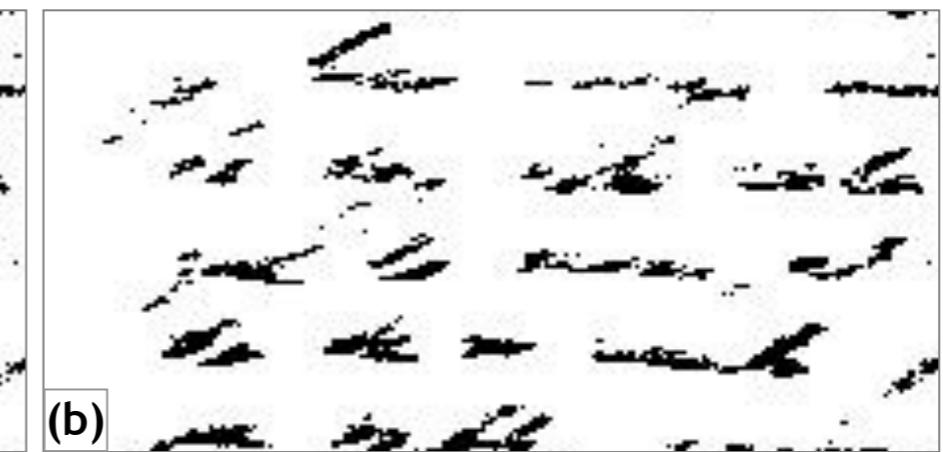
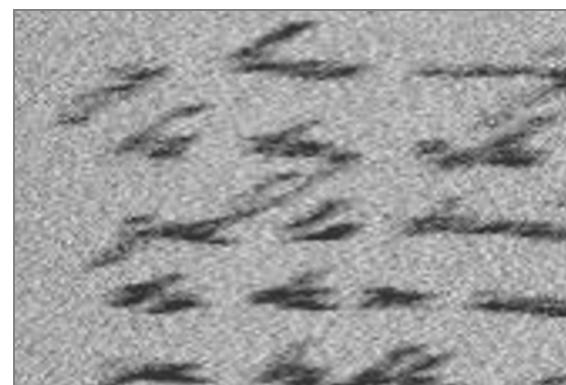
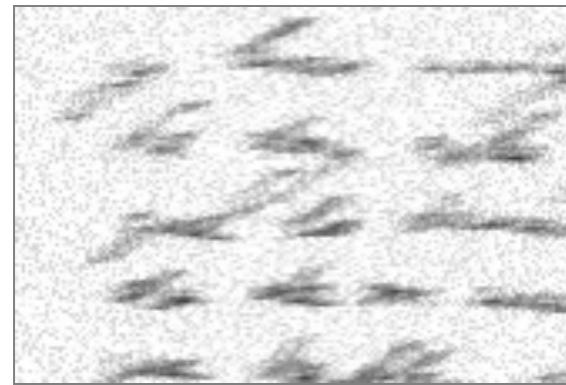


Ejemplo 1. Filtros Gausianos.



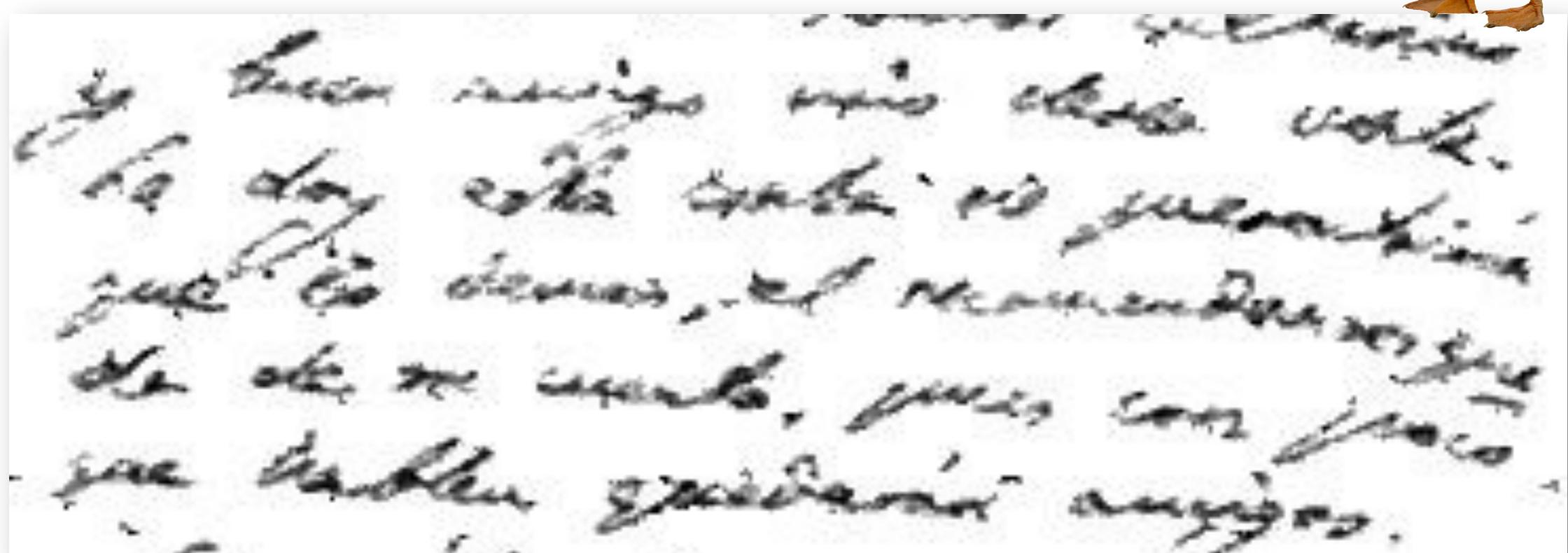
(a) 3x3 y sigma=1, (b) 5x5 y sigma=1.5, (c) 3x3 y sigma=1, (d) 5x5 y sigma=1.5

Ejemplo 1. Carta 3. Simulando el ruido.



(a) Filtro thresholding nivel 40, (b) Filtro thresholding nivel 45,
(c) Filtro thresholding con nivel 50, (d) Filtro thresholding nivel 60,

Ejemplo 1. Resultado final



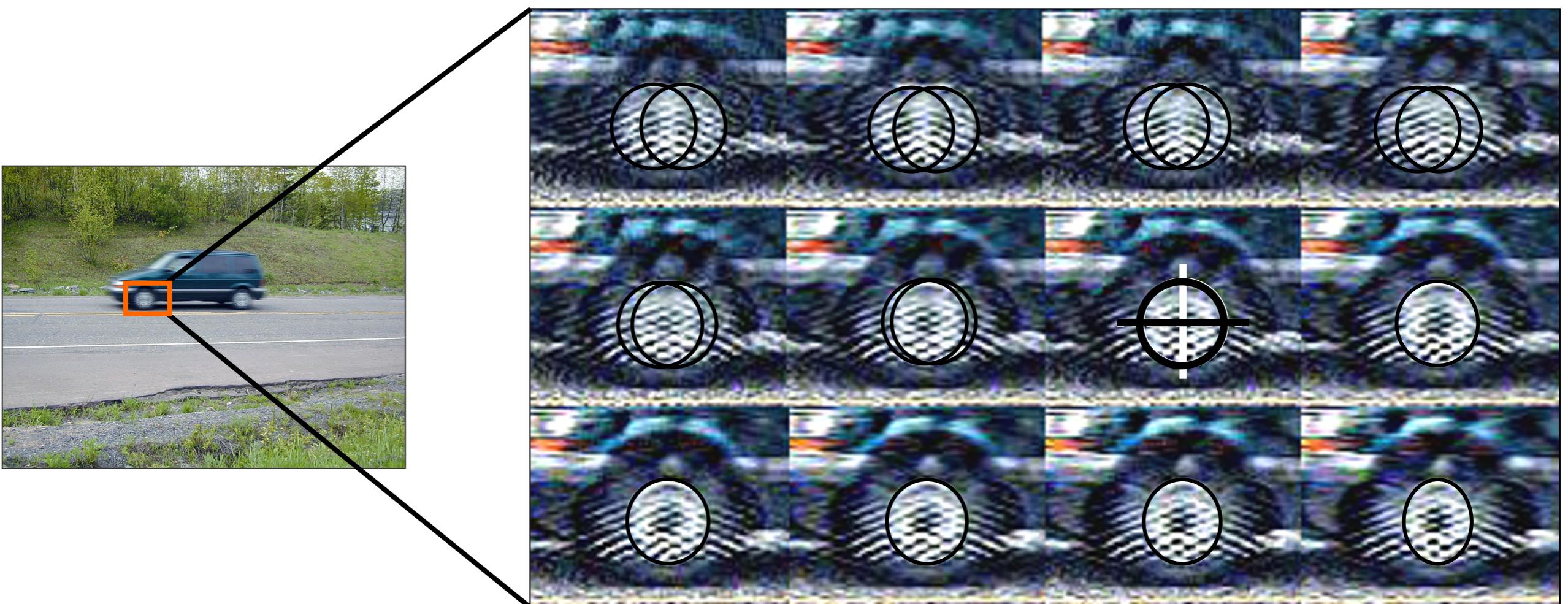
- (1) Imagen de salida utilizando mediana de 2x3, áreas mayores a 6 píxeles aplicadas a la carta2.bmp
- (2) multiplicación del 30% con la umbralización binaria de nivel 40 del filtro de Wiener (movimiento horizontal), y
- (3) desplazamiento de 10 píxeles de la carta3.bmp.

Ejemplo 2. ¿A qué velocidad viaja el vehículo?

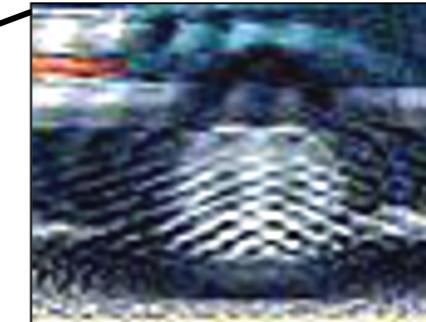
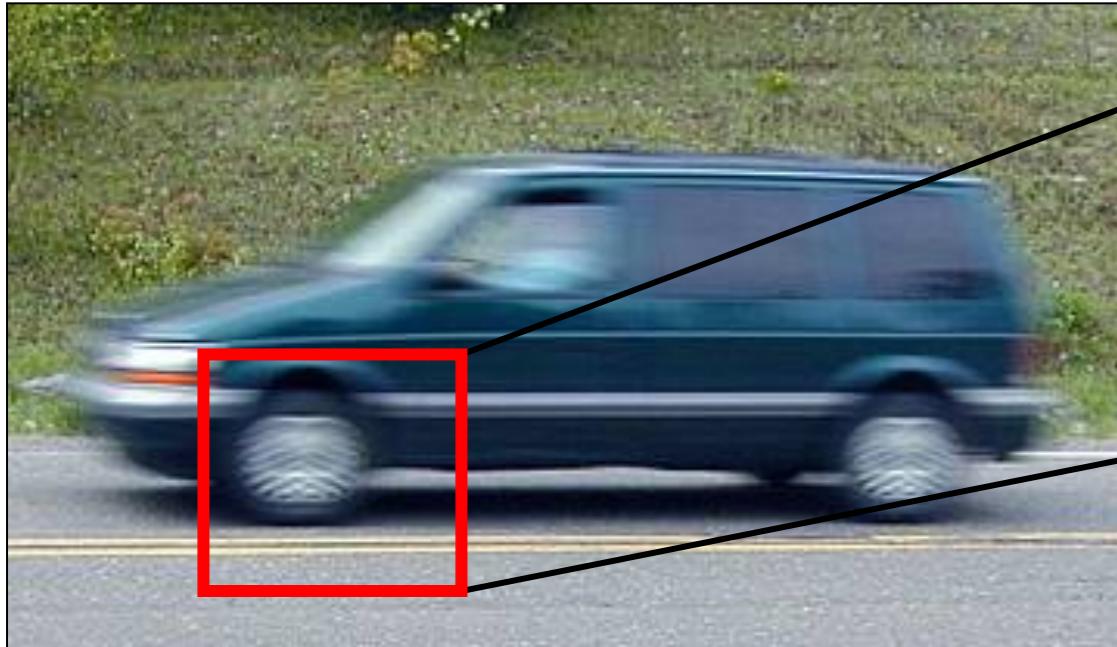


Tiempo de exposición fue de 1/30 s

Ejemplo 2. Aplicamos el filtro de Wiener



Ejemplo 2. Calculamos la velocidad



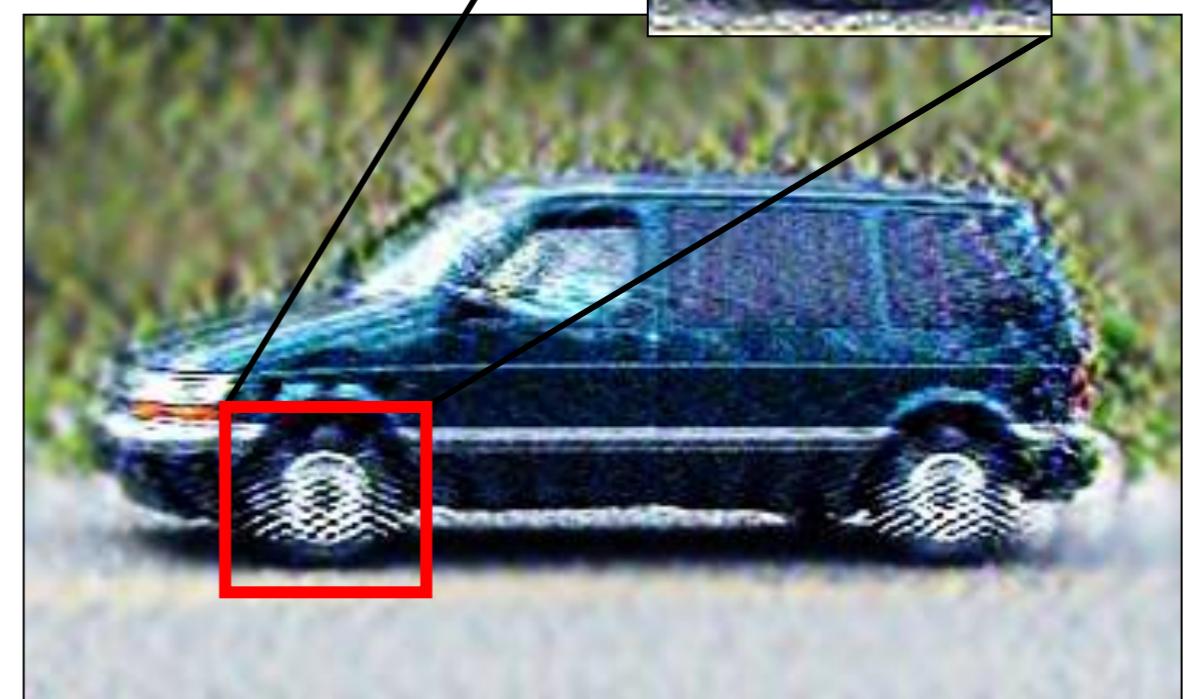
$\Delta x=17 \text{ [px]}$



Supuestos:

- El diámetro de la llanta 14 pulgadas (estimado)
- Desplazamiento $\Delta x=17 \text{ px}$ (filtro Wiener)
- Diámetro de la llanta: 28 px (estimado)

$$\frac{14}{28} = \frac{\Delta x}{17} \Rightarrow \Delta x = 8.5 \text{ [in]} \quad V = \frac{0.2159}{\frac{1}{30}} = 6.477 \text{ [m/s]}$$
$$\Delta x = 0.2159 \text{ [mts]} \quad V = 23.3172 \text{ [kpm]}$$



Ejemplo 3. ¿cuál es la pregunta?



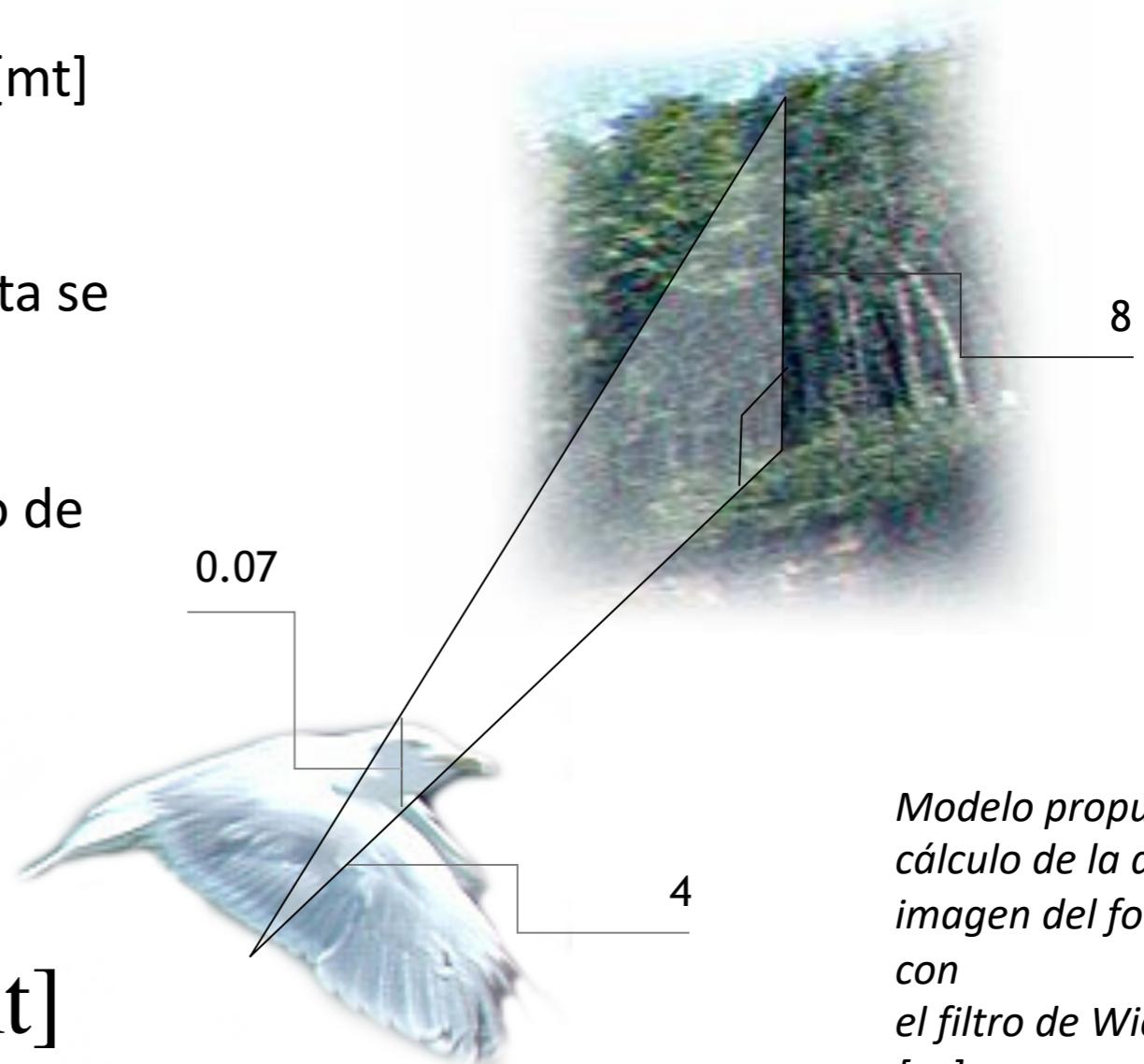
¿A qué distancia están los árboles?

Suponemos lo siguiente:

- (1) La foto ha sido tomada a unos 10 [mt] de distancia de la gaviota.
- (2) El tamaño de la cabeza de la gaviota se estima en 7 [cm].
- (3) El tamaño de los árboles del fondo de la imagen son (en promedio) de 8 [mt].

Utilizando el teorema de Thales

$$\frac{10}{0.07} = \frac{x}{8} \Rightarrow x = 1.142 \text{ [mt]}$$



Modelo propuesto para el cálculo de la distancia, con imagen del fondo corregida con el filtro de Wiener con $\Delta=18$ [px].

Ejemplo 4. Hagamos una caricatura



(a)



(b)

(a) Imagen Original en colores, (b) Imagen en escala de grises con filtro de la mediana de 3×3

Ejemplo 4. Pintemos las caras



- (a) Filtro de Canny sobre la imagen de la mediana,
- (b) Dilatación con 3 px
- (c) Erosión de los bordes con 2 px

Ejemplo 4. Binarizando y limpiando



(a)



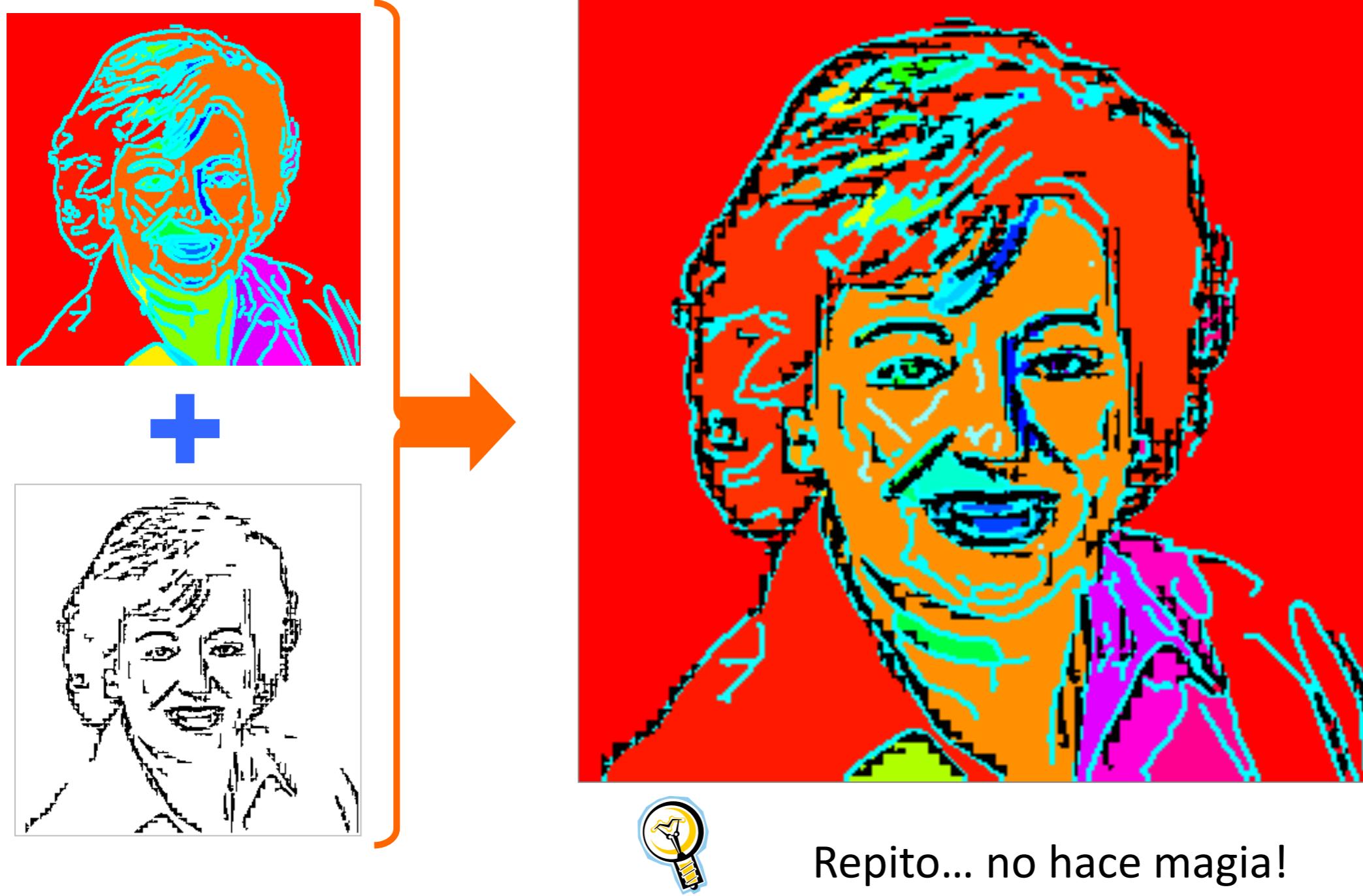
(b)



(c)

- a) Umbralización binaria con nivel óptimo de OTSU (maximiza la varianza del histograma asociado)
- b) Binarización adaptiva con tamaño de máscara de 4x4 y con umbral en el máximo de cada subregion
- c) Limpieza de regiones de la binarización adaptativa por corte de áreas

Ejemplo 4. Pintado



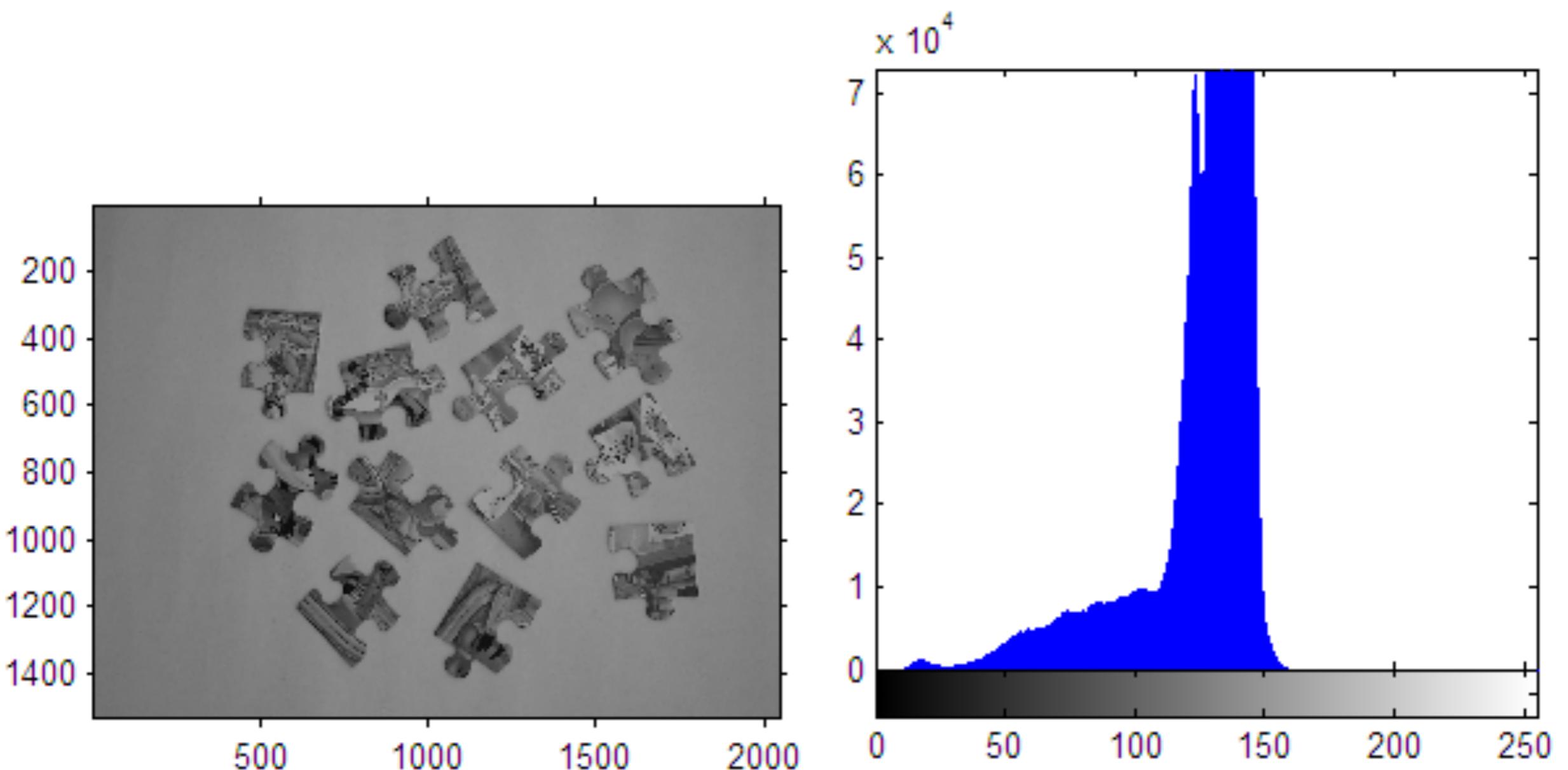
Repite... no hace magia!

Ejemplo 5. Arreglo automático del puzzle

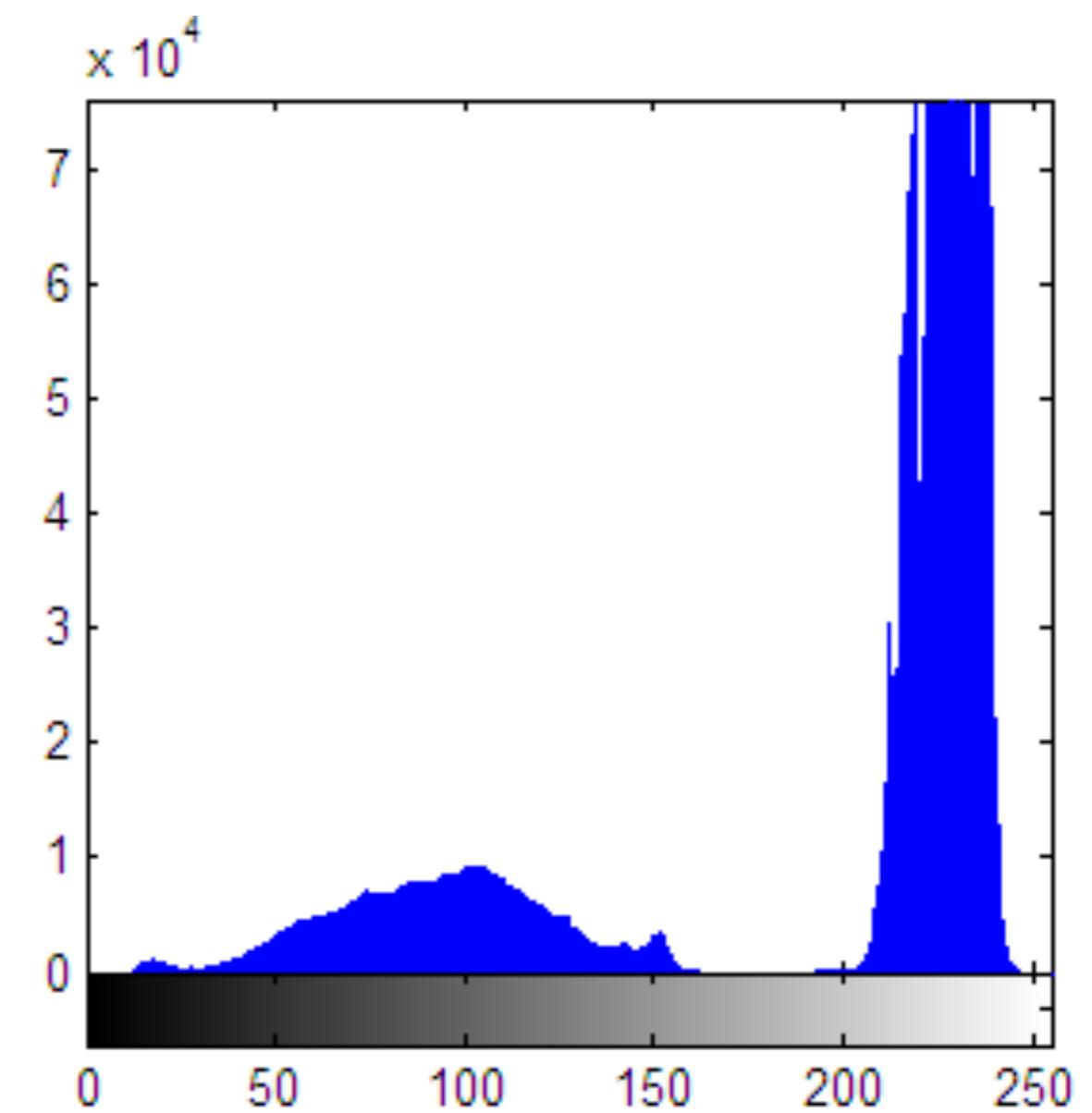
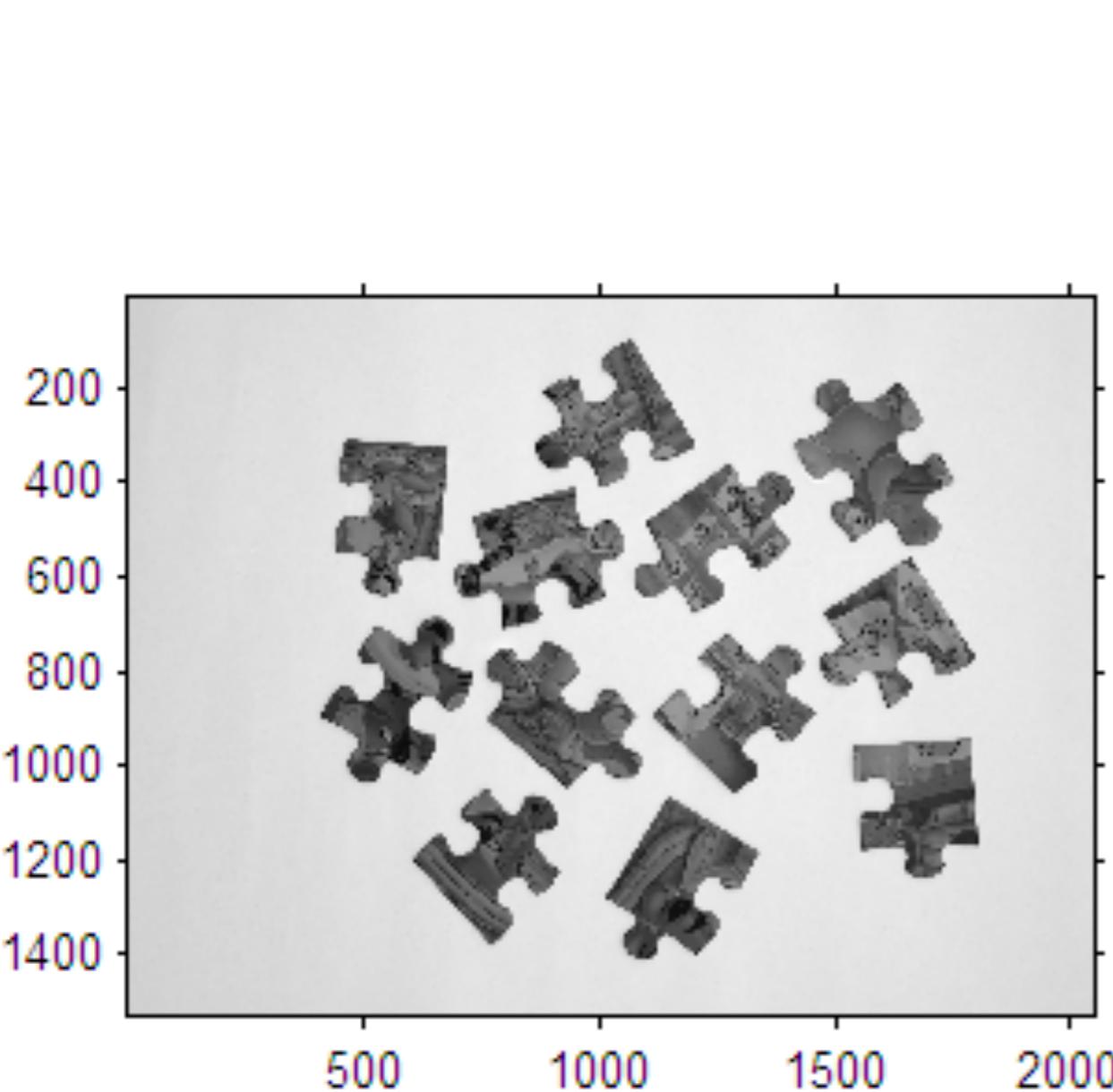


Problema NP-completo? Sólo para menores de 2 años

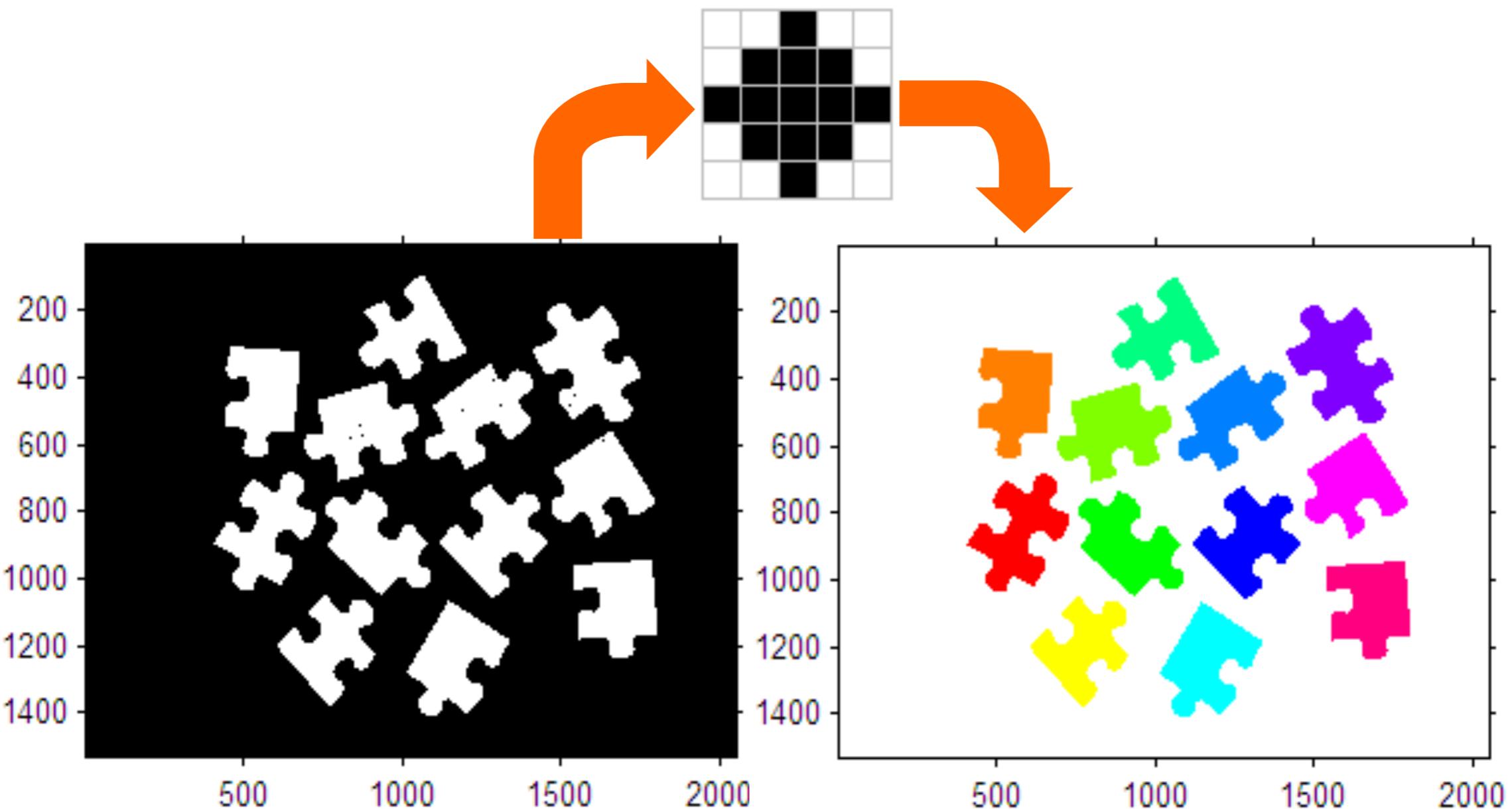
Ejemplo 5. Imagen original



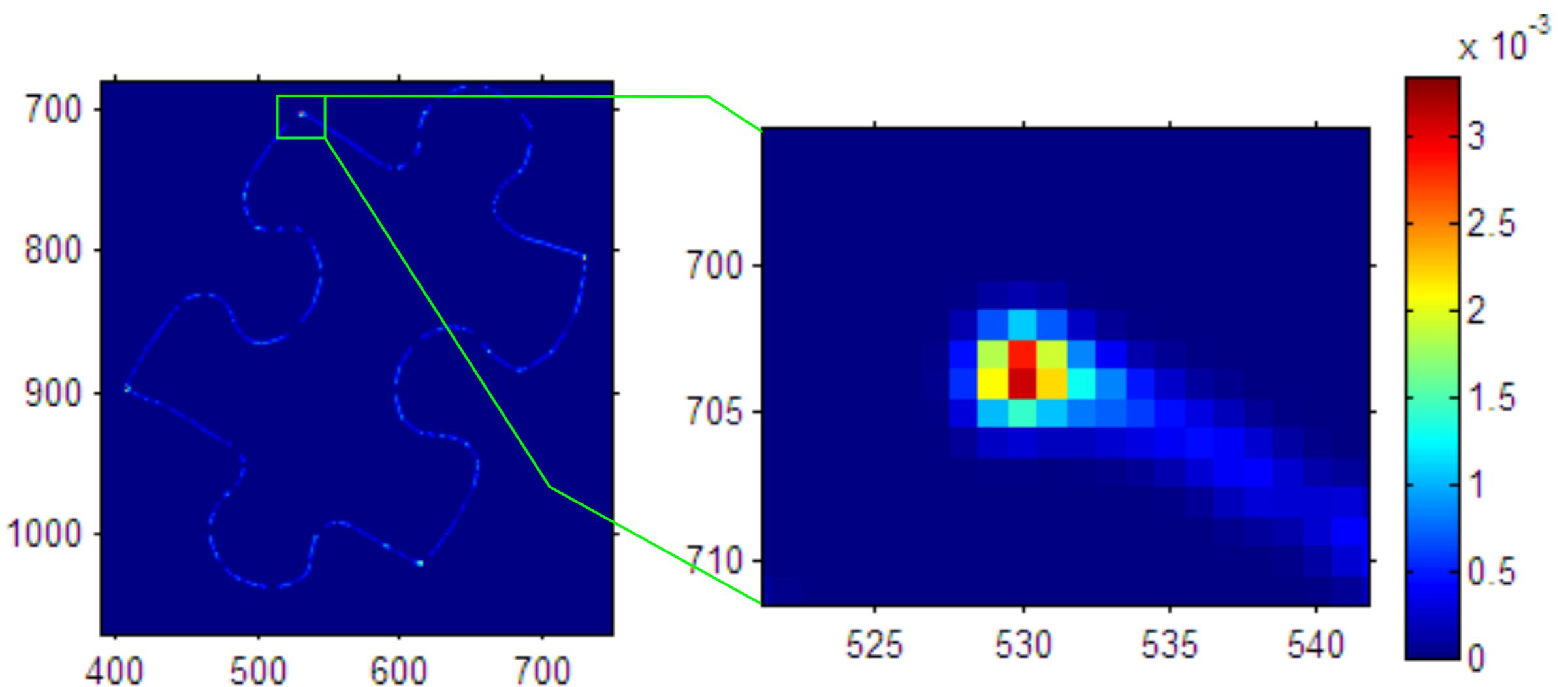
Ejemplo 5. Imagen modificada



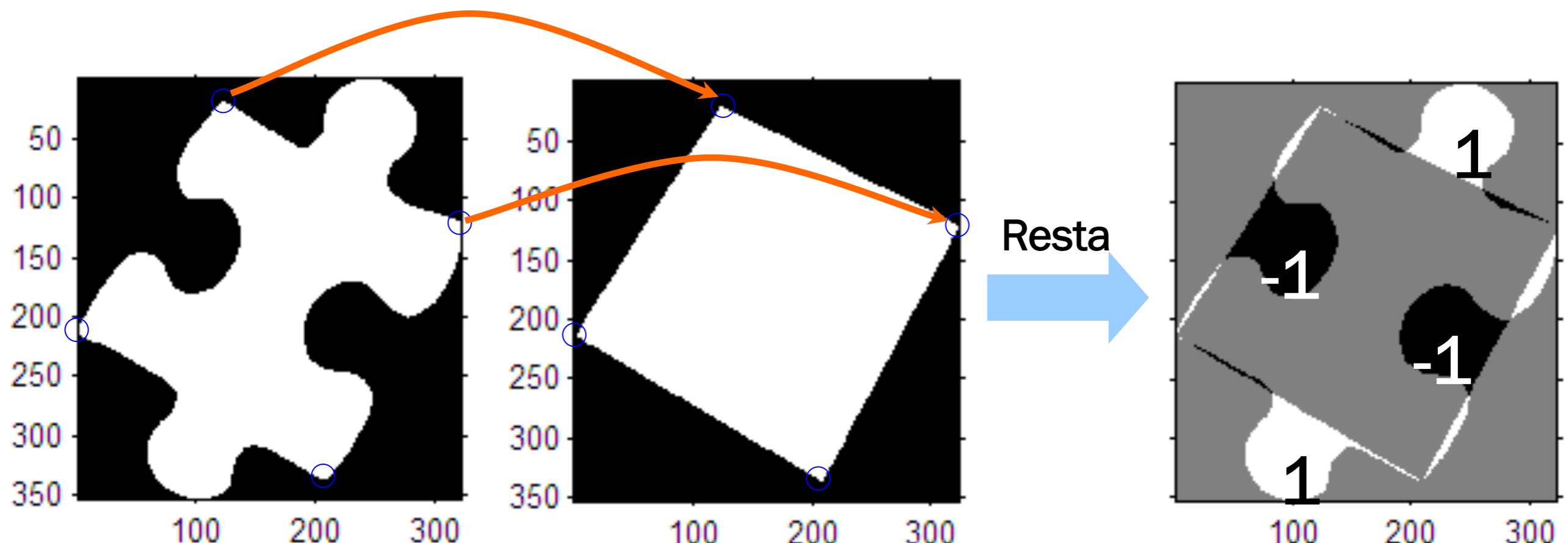
Ejemplo 5. Segmentación



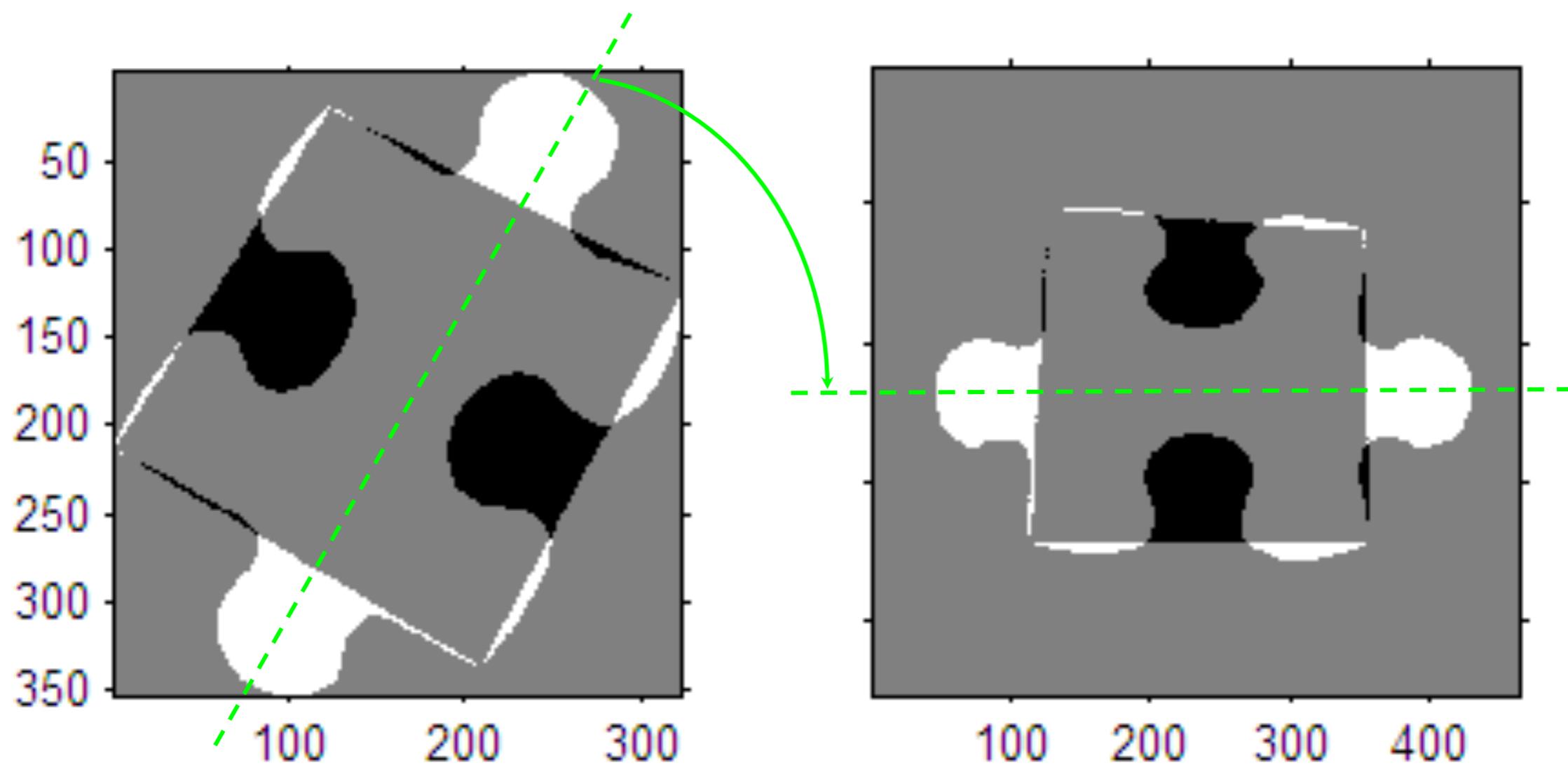
Ejemplo 5. Detector de esquinas



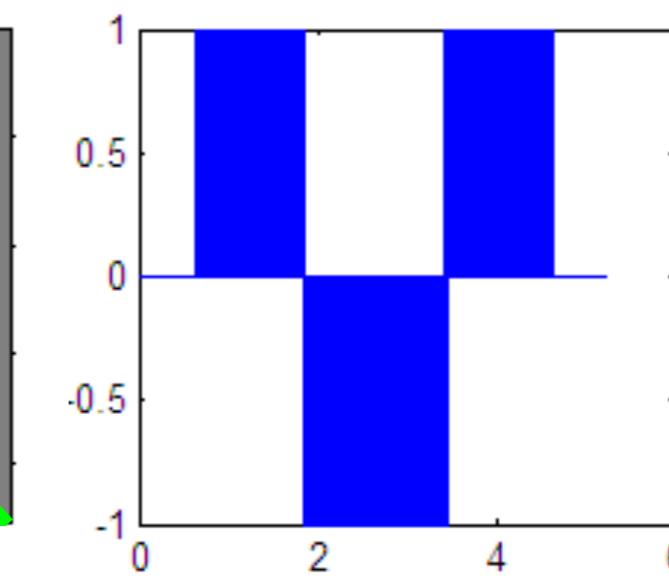
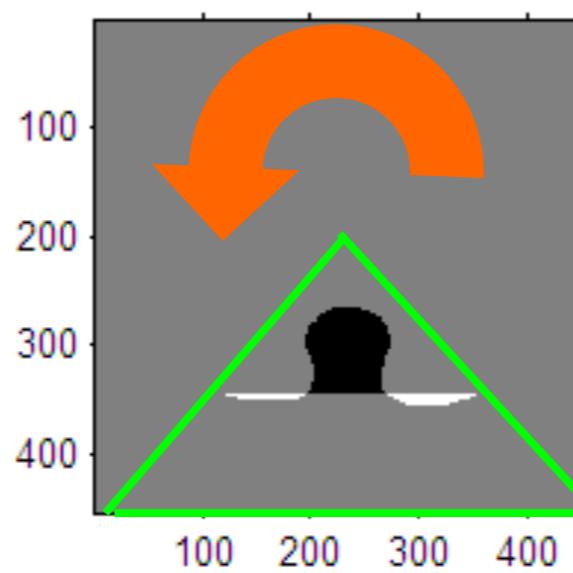
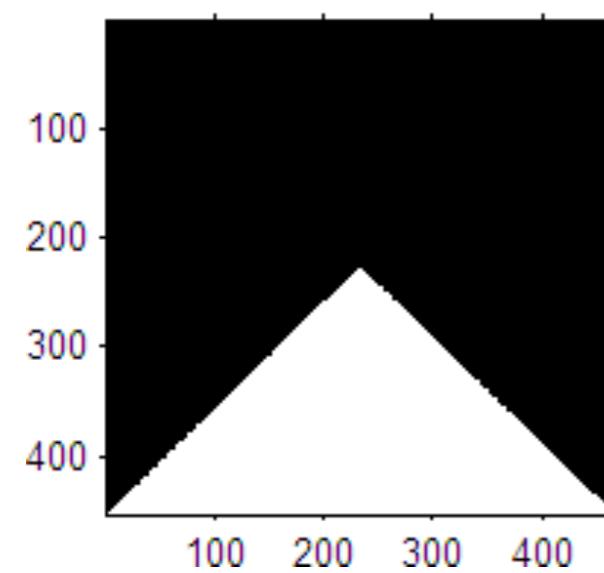
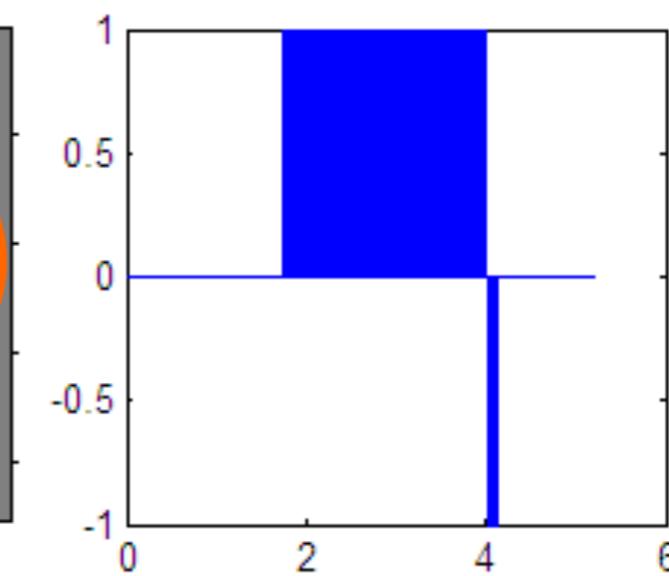
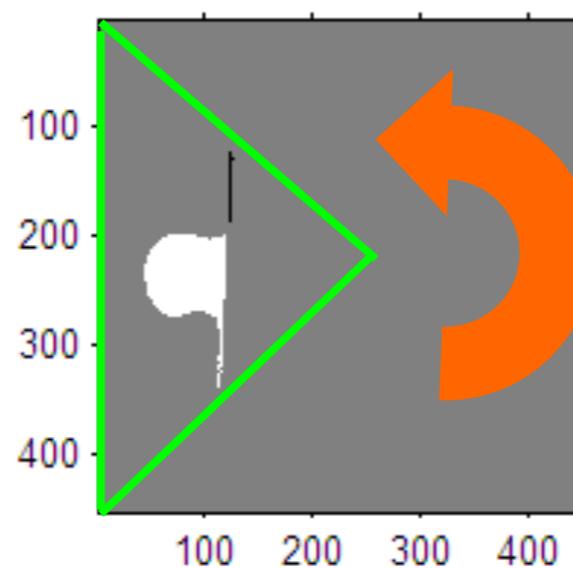
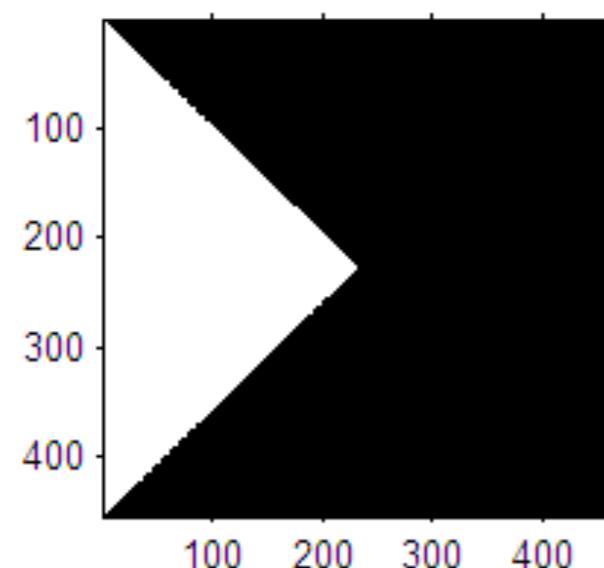
Ejemplo 5. Cálculo del área



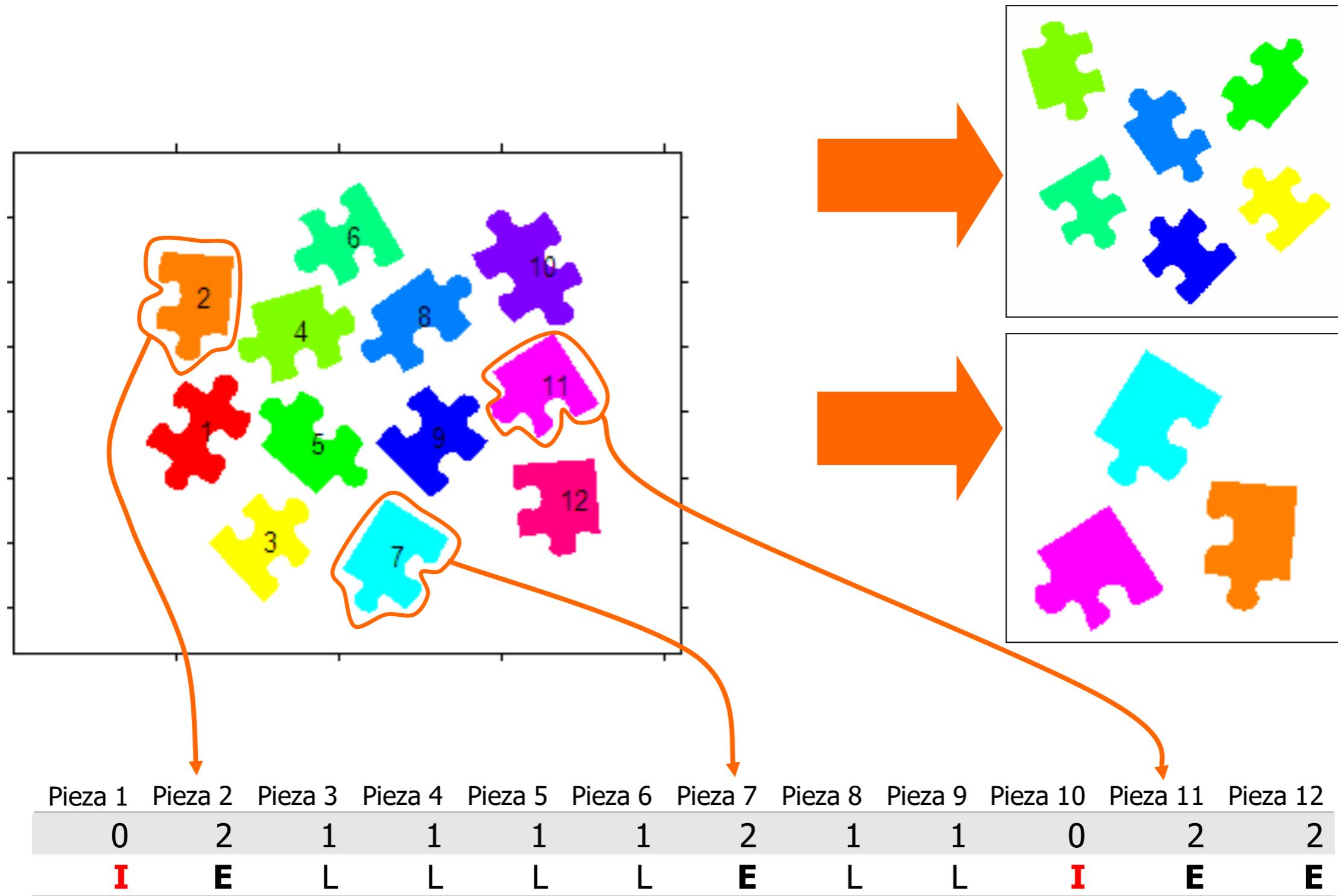
Ejemplo 5. Rotación del eje mayor



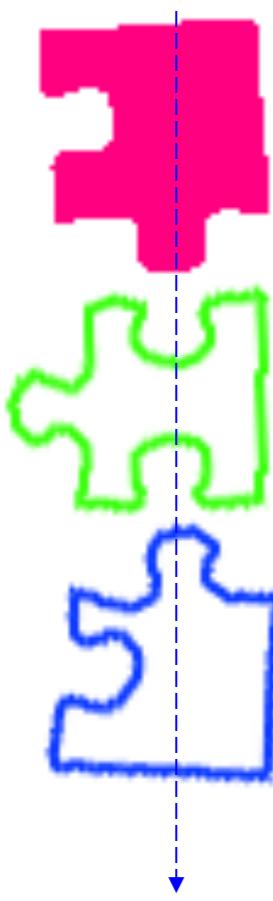
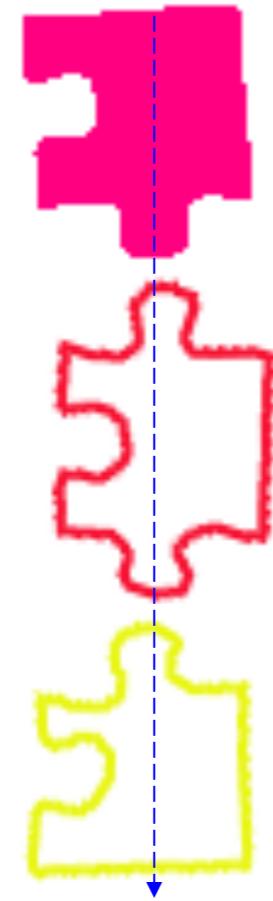
Ejemplo 5. Giro y cálculo de las puntas



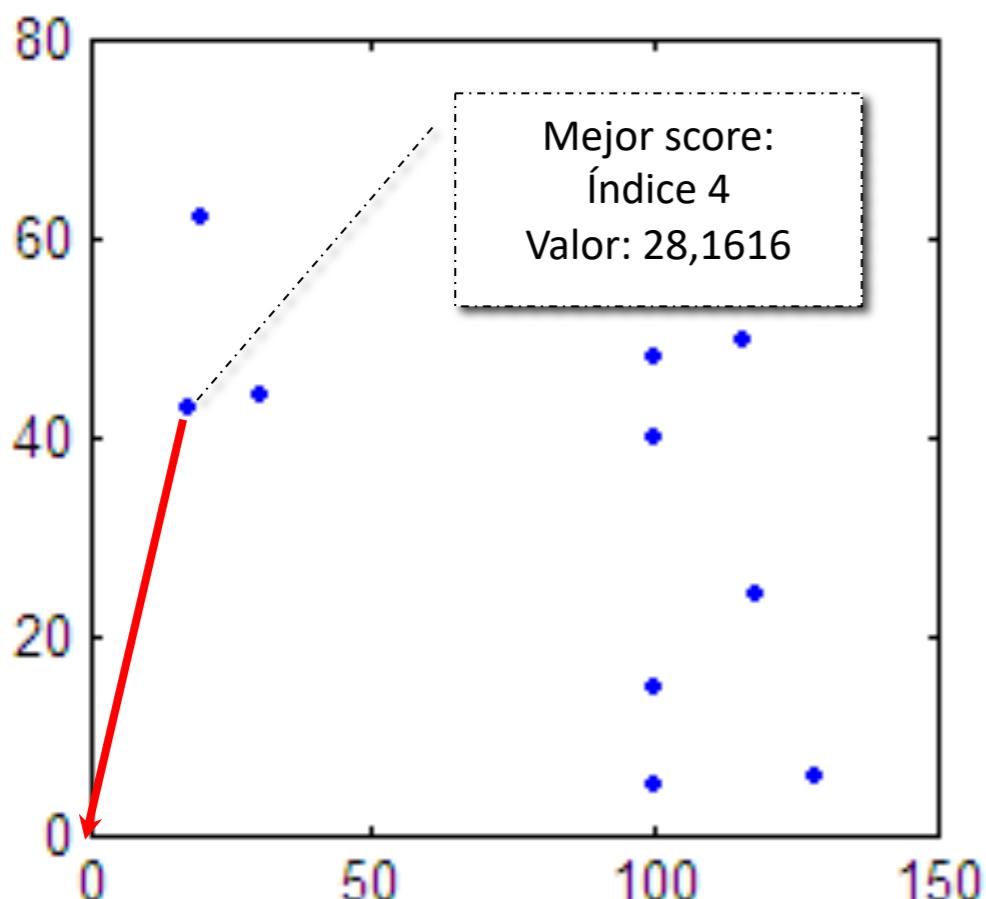
Ejemplo 5. Caracterización



Ejemplo 5. Buscando el mejor orden

Test 1	Test 2	...	Test n
			...
Suma 1	Suma 2		Suma 2

Ejemplo 5. Buscando el mejor orden



#	ID Lado	Giro	ID Esquina	Giro	Suma Área	Largo Mínimo
1	3	2	2	2	10000	14.478
2	3	2	7	3	10000	48.026
3	4	0	2	2	11619	49.752
4	4	0	7	3	1779	42.595
5	5	1	2	2	11815	23.976
6	5	1	7	3	1975	62.091
7	6	2	2	2	10000	47.232
8	6	2	7	3	10000	39.875
9	8	1	2	2	12895	58.214
10	8	1	7	3	3055	43.937

Ejemplo 5. Solución del puzzle

Matriz de posición

2	6	8	12
4	1	10	9
7	3	5	11

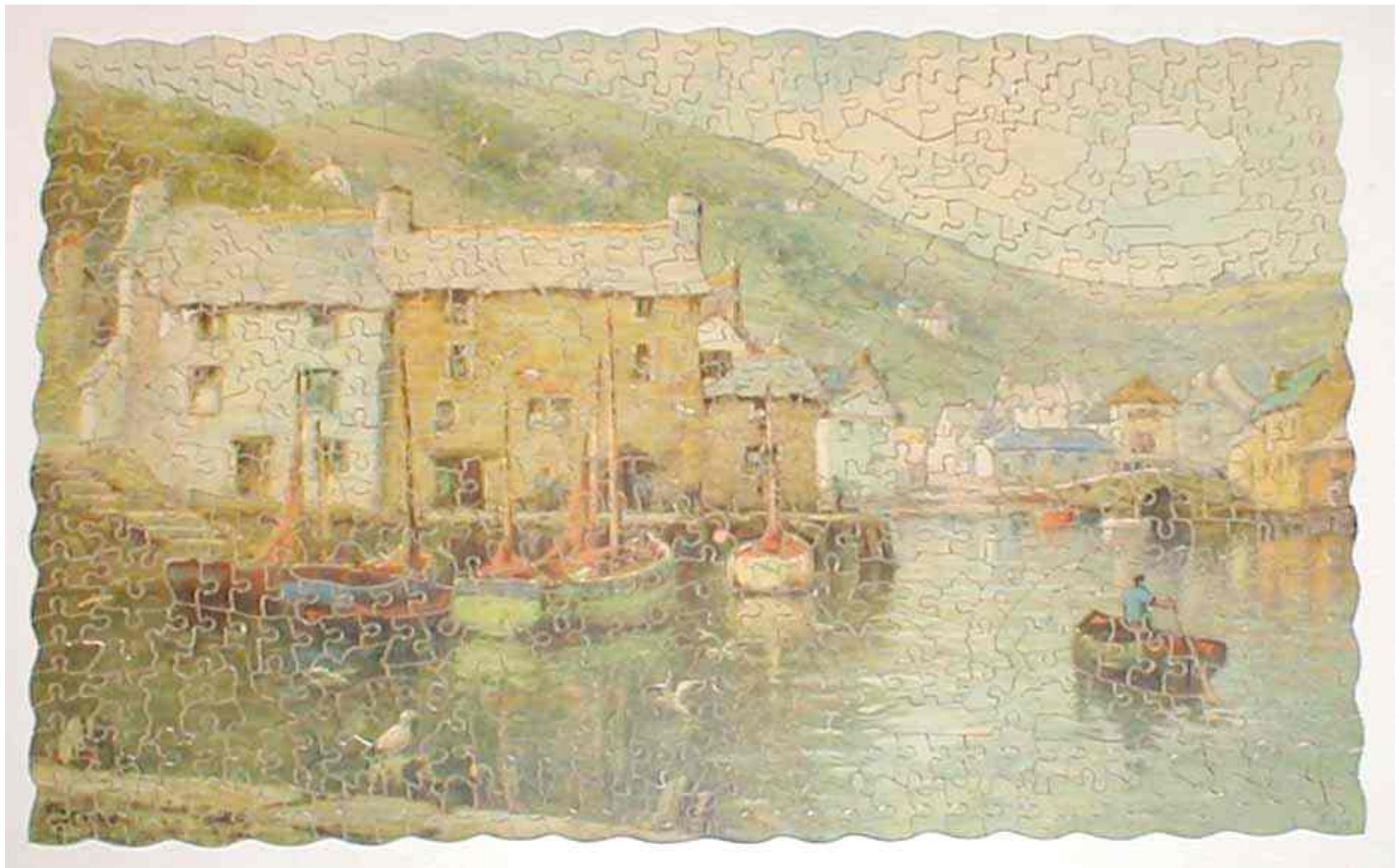
Matriz de rotación

2	2	0	2
0	2	0	3
2	0	2	0



Bajo supuesto. Seleccionar la pieza de la esquina superior derecha para inicializar

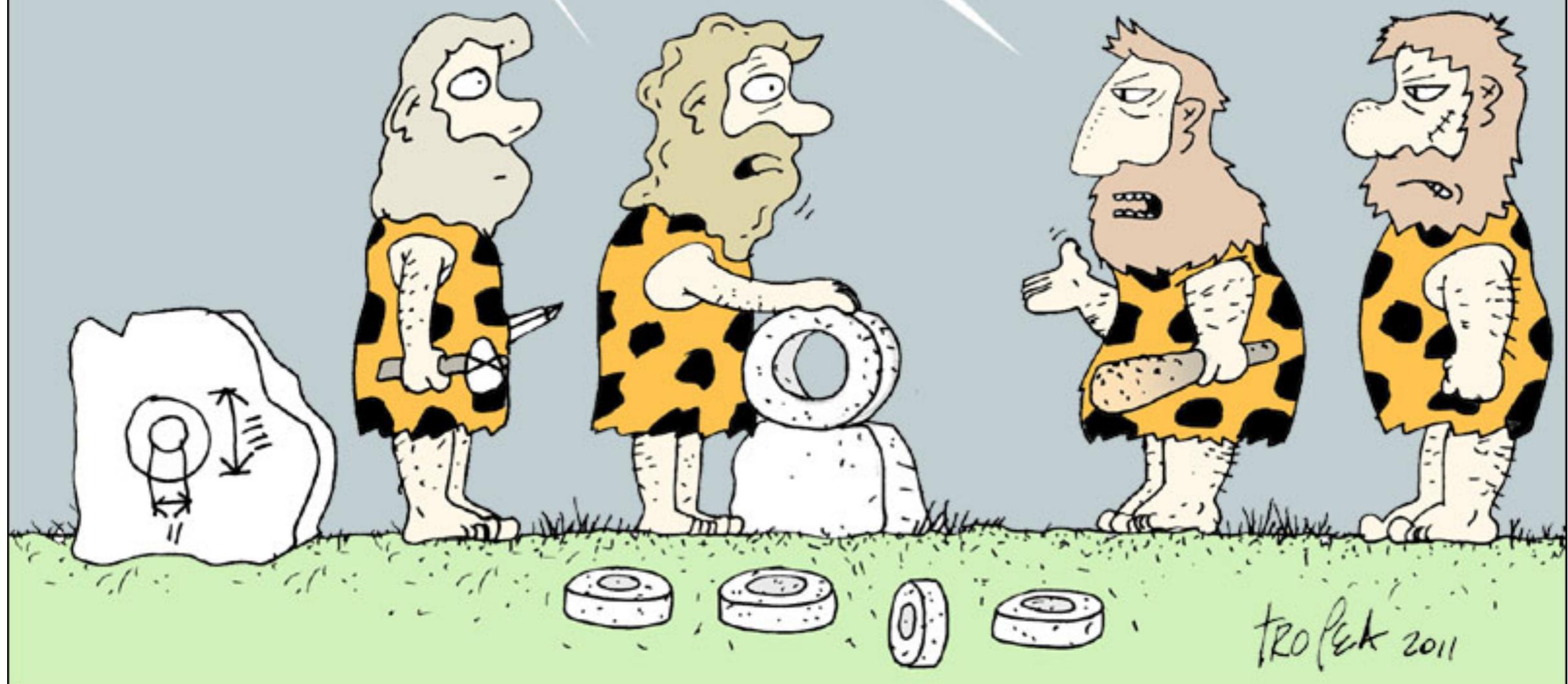
Ejemplo 5. Tarea para la casa



¿Y PARA QUE SE PUEDE USAR ESTO?

NO SABEMOS, LO QUE HACEMOS ES INVESTIGACION BASICA

QUE BONITO, NOSOTROS NOS MATAMOS EMPUJANDO PIEDRAS
Y ARRASTRANDO ANIMALES SALVAJES, MIENTRAS LOS SEÑORES
SE ENTRETIENEN HACIENDO COSAS QUE NO SIRVEN PARA NADA



- ▶ Aspectos administrativos
- ▶ Procesamiento de imágenes
 - Ejemplos
 - Motivación
 - El ojo humano
 - Percepción



▶ ¿Para qué procesar las imágenes?

Restauración y
preparación

Extracción de
información

Impresión y
visualización

Almacenamiento

- Remover manchas y defectos en fotos viejas

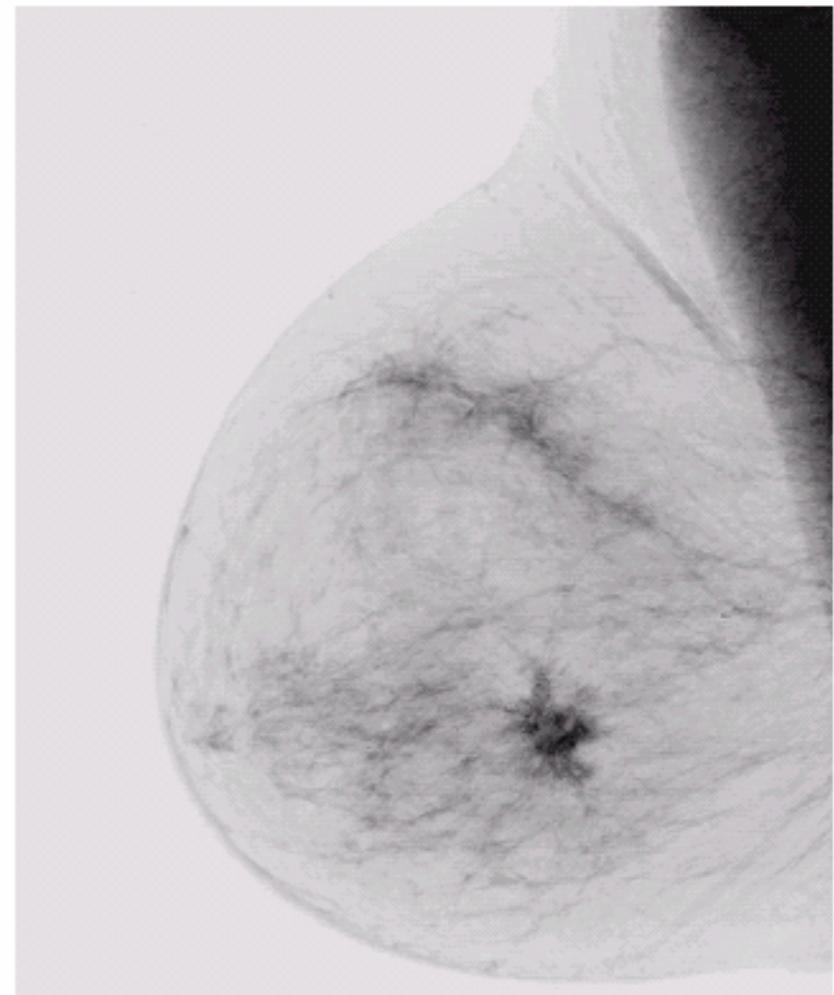
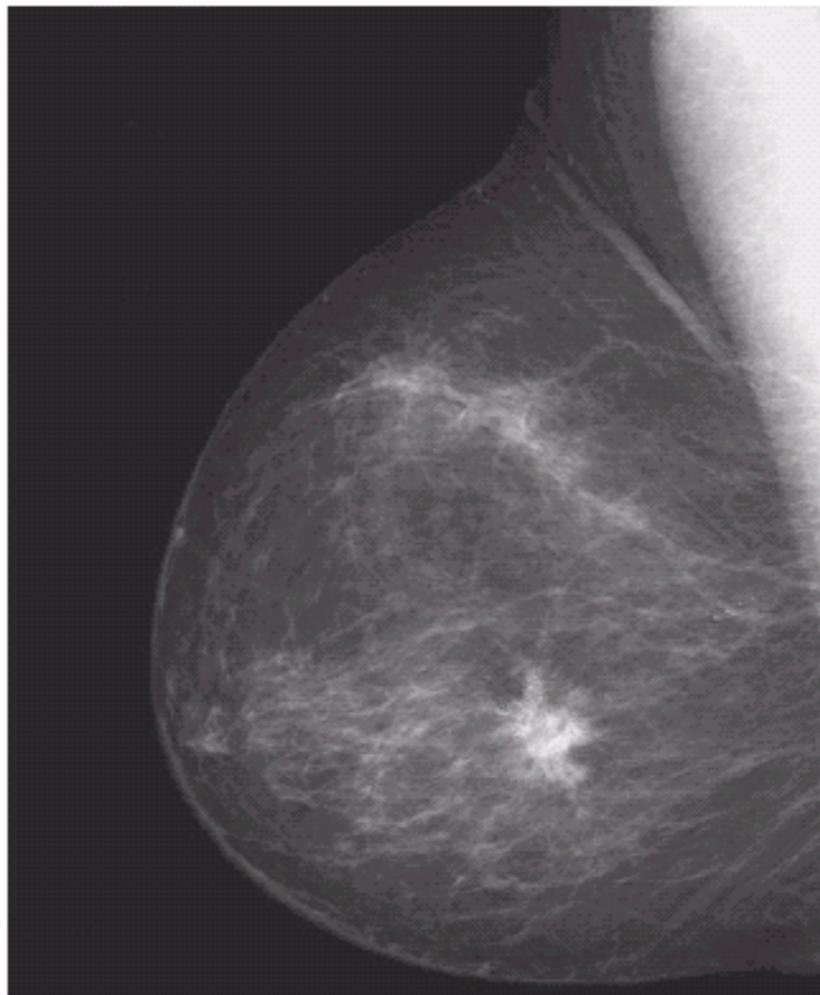


<http://fotoretoque.webnode.com/>

▶ ¿Para qué procesar las imágenes?

Restauración y
preparación

- Facilitar el reconocimiento de objetos



Impresión y
visualización

Almacenamiento

Ref. Digital Image Processing, Gonzalez and woods

▶ ¿Para qué procesar las imágenes?

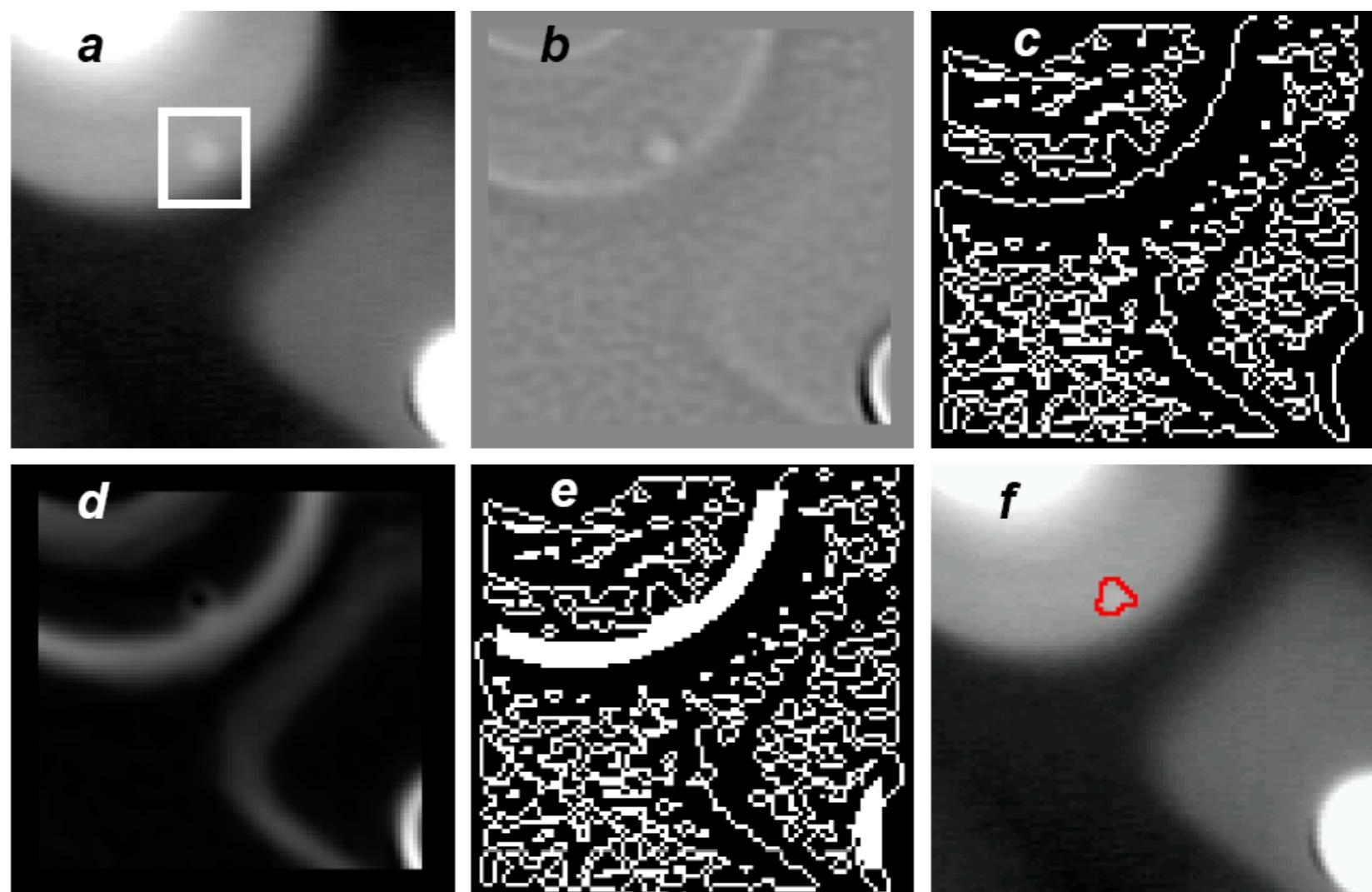
Restauración y
preparación

Extracción de
información

Impresión y
visualización

Almacenamiento

- Detección de defectos (Segmentación)



Carrasco and Mery

▶ ¿Para qué procesar las imágenes?

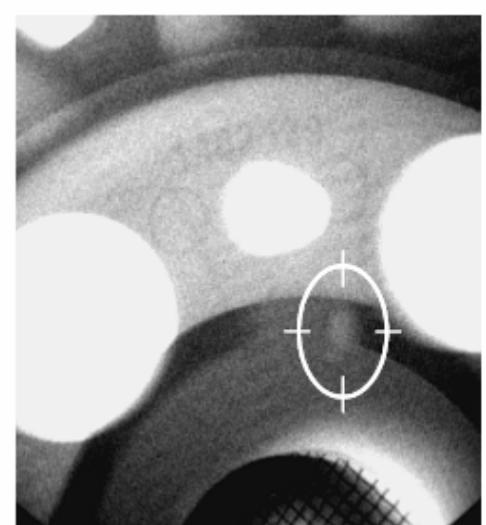
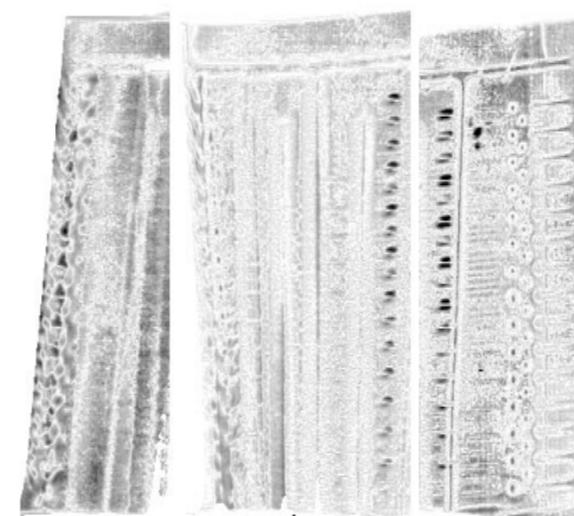
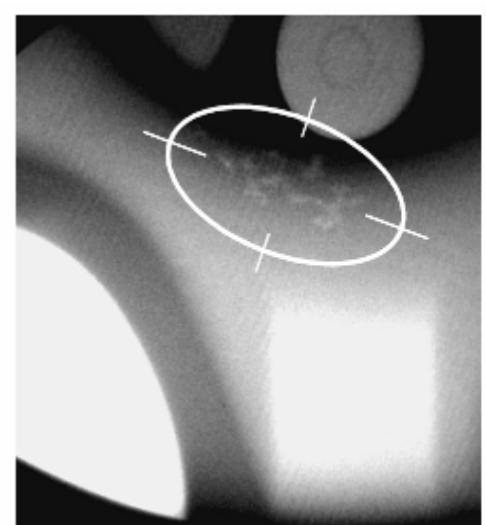
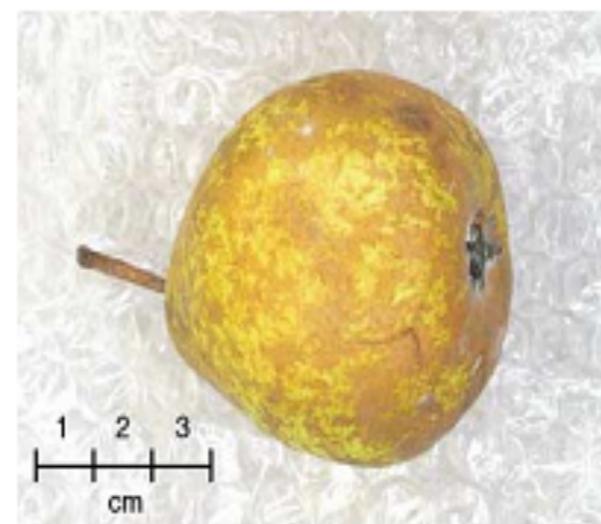
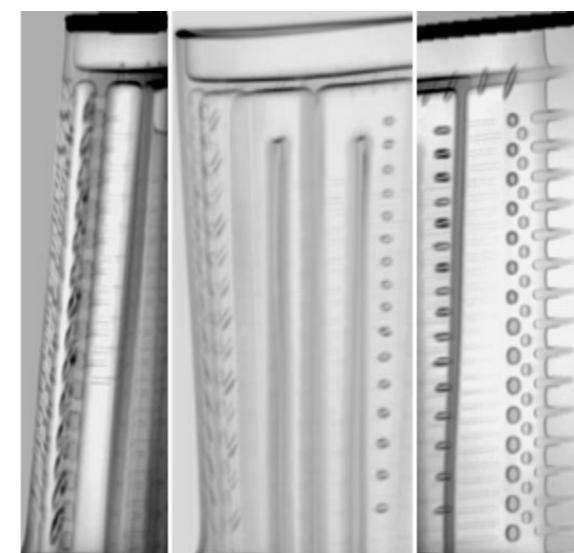
Restauración y
preparación

Extracción de
información

Impresión y
visualización

Almacenamiento

■ Control de calidad



▶ ¿Para qué procesar las imágenes?

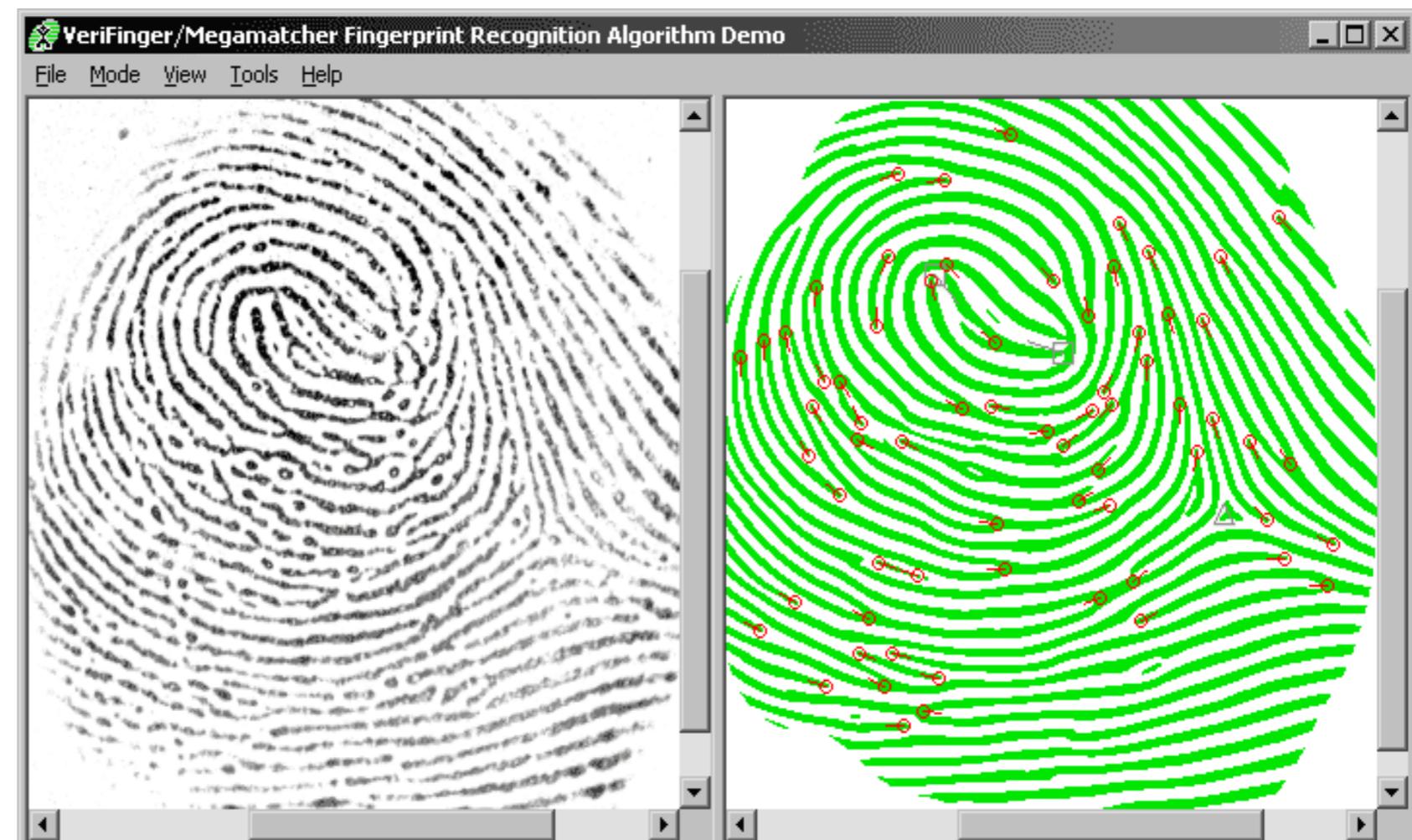
Restauración y
preparación

Extracción de
información

Impresión y
visualización

Almacenamiento

- Reconocimiento de huellas



<http://www.generalsecurityelsalvador.com/afis>

▶ ¿Para qué procesar las imágenes?

Restauración y
preparación

Extracción de
información

Impresión y
visualización

Almacenamiento

- Corrección gama para monitores



http://en.wikipedia.org/wiki/Gamma_correction

▶ ¿Para qué procesar las imágenes?

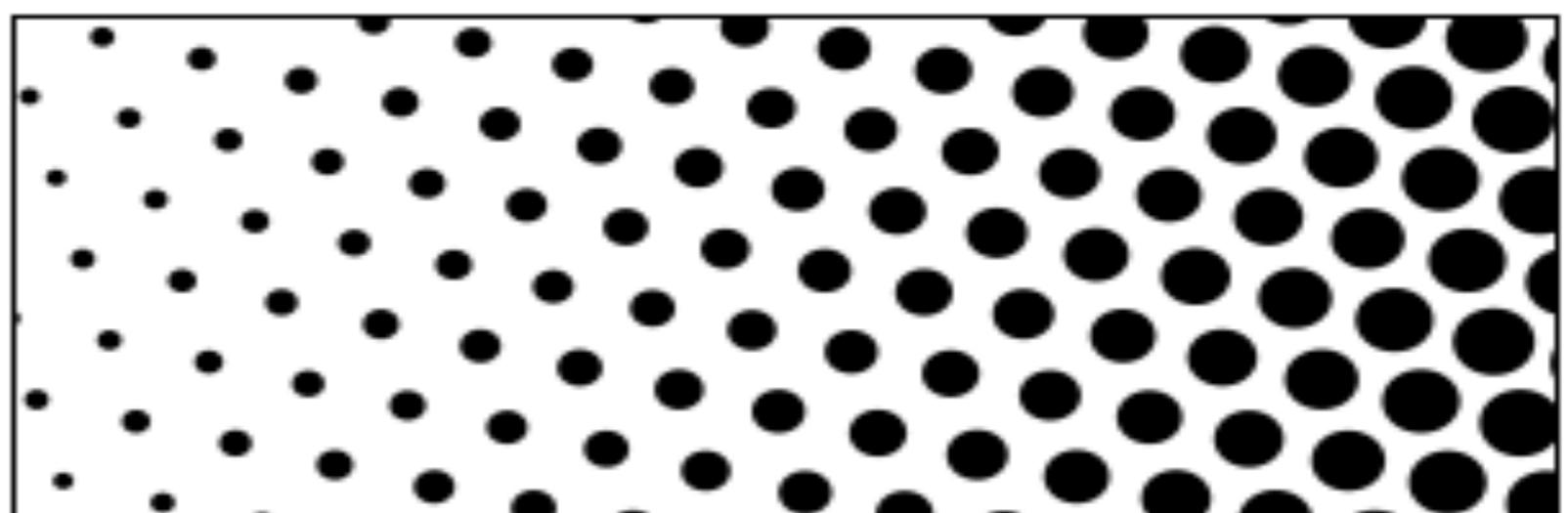
Restauración y
preparación

Extracción de
información

Impresión y
visualización

Almacenamiento

- Halftoning para impresión



<http://en.wikipedia.org/wiki/Halftone>

▶ ¿Para qué procesar las imágenes?

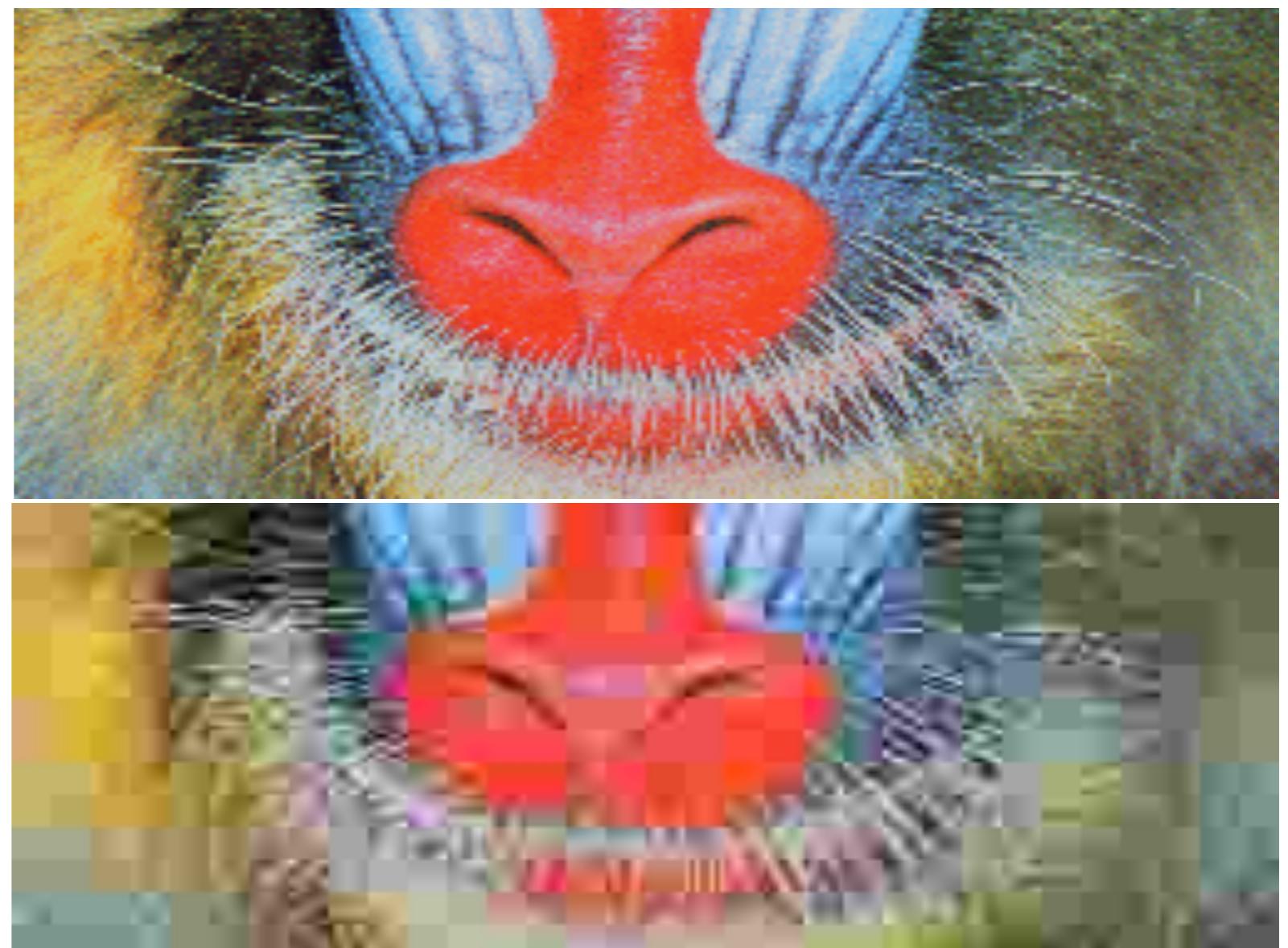
Restauración y
preparación

Extracción de
información

Impresión y
visualización

Almacenamiento

- Compresión de imágenes JPEG



<http://en.wikipedia.org/wiki/Halftone>

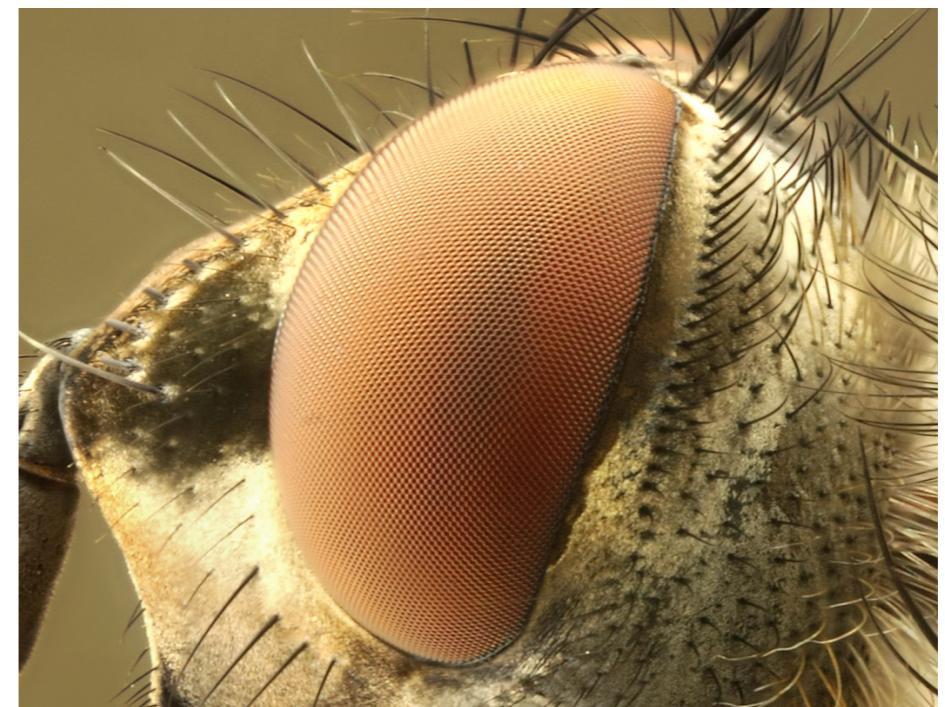
- ▶ Aspectos administrativos
- ▶ Procesamiento de imágenes
 - Motivación
 - El ojo humano
 - Percepción



▶ El ojo

- Es un complejo órgano que permite capturar la compleja información del entorno, variando en términos de sensibilidad, resolución y color entre las distintas especies.

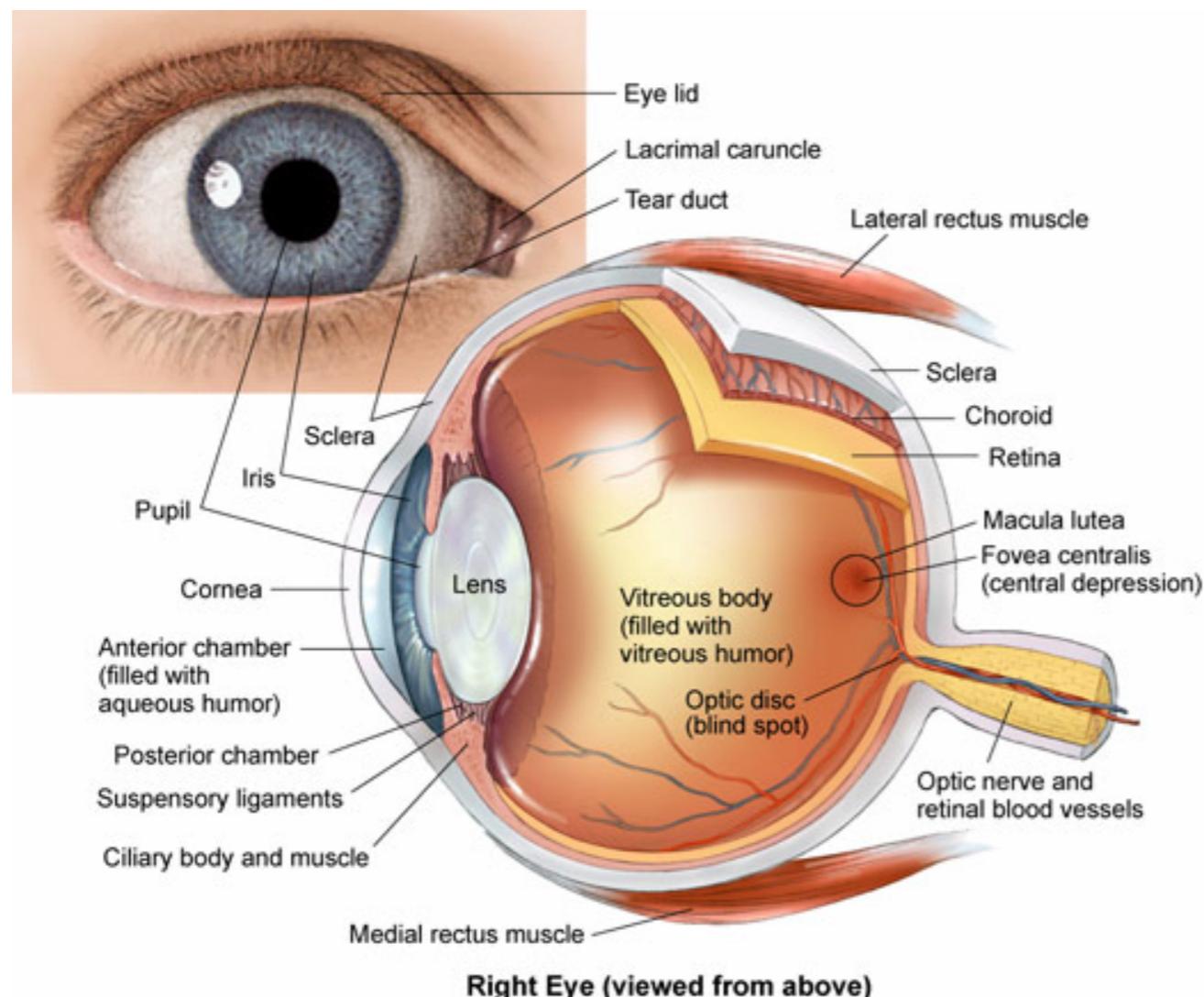
Junto con transformar los cambios de luz en impulsos eléctricos, permite reducir la gran cantidad de información visual.



Este proceso de transformación de luz a impulso eléctrico o neuronal es generado en una membrana sensible a la luz, denominada retina

▶ El ojo

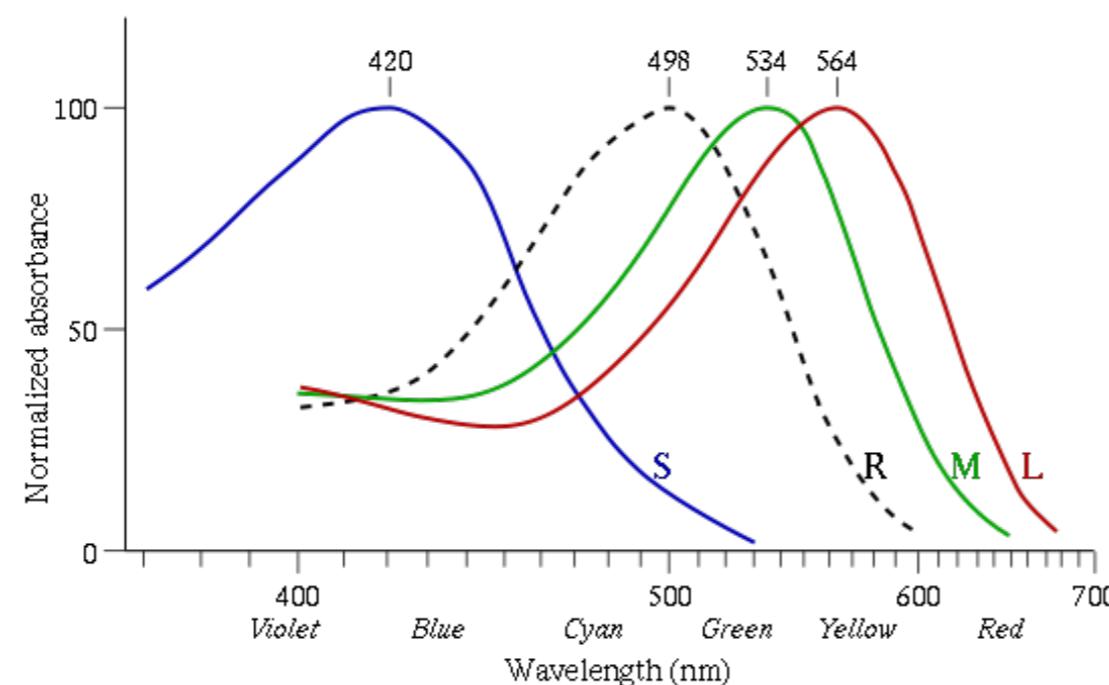
- Es un complejo órgano que permite capturar la compleja información del entorno, variando en términos de sensibilidad, resolución y color entre las distintas especies.



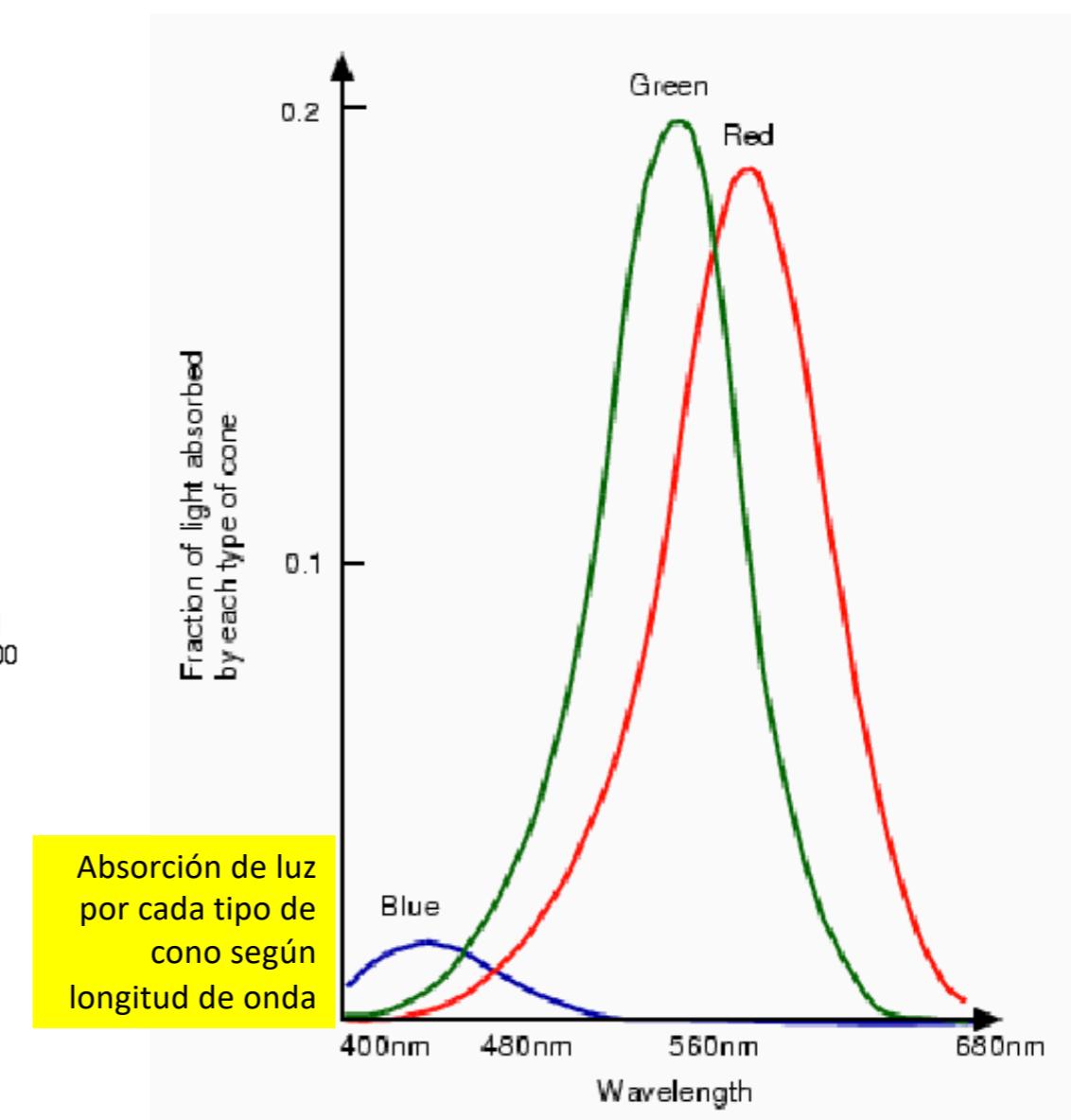
<http://www.youtube.com/watch?v=gvozcv8pS3c&feature=related/>

► Color

- Las células encargadas de transformar la luz en color son los **conos**. Estas células especializadas capturan diferentes longitudes de onda, generando una representación del color en el cerebro.



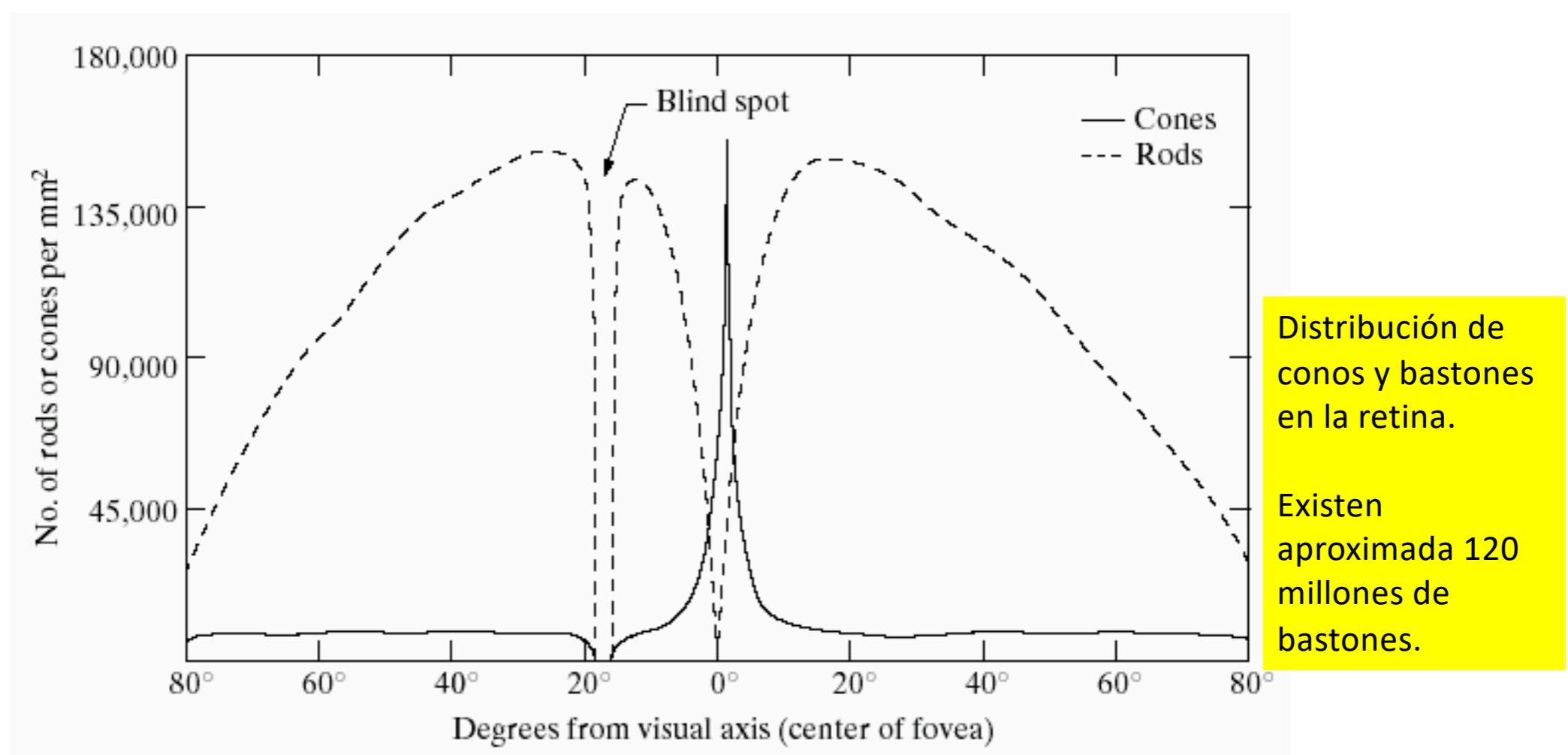
Niveles normalizados de absorción de luz (wikipedia)



Absorción de luz por cada tipo de cono según longitud de onda

▶ Color

- En ambientes de baja luminosidad, los **conos** pierden su capacidad para ver los colores. En este caso, se activan las células llamadas **bastones** las cuales perciben los tonos de grises, blancos y negros.



▶ Color

- Cuando comienza a atenuarse la luminosidad, los ojos automáticamente realizan una adaptación del color (denominado Purkinje effect).



Purkinje effect

Dada la diferente absorción de luz (y longitudes de onda) del ojo, comenzamos a perder la percepción del color a medida que se reduce la luminosidad.

► Deficiencias del color

- La deficiencia del color puede ser hereditaria o causadas por enfermedades como diabetes, esclerosis, enfermedades del hígado o biente



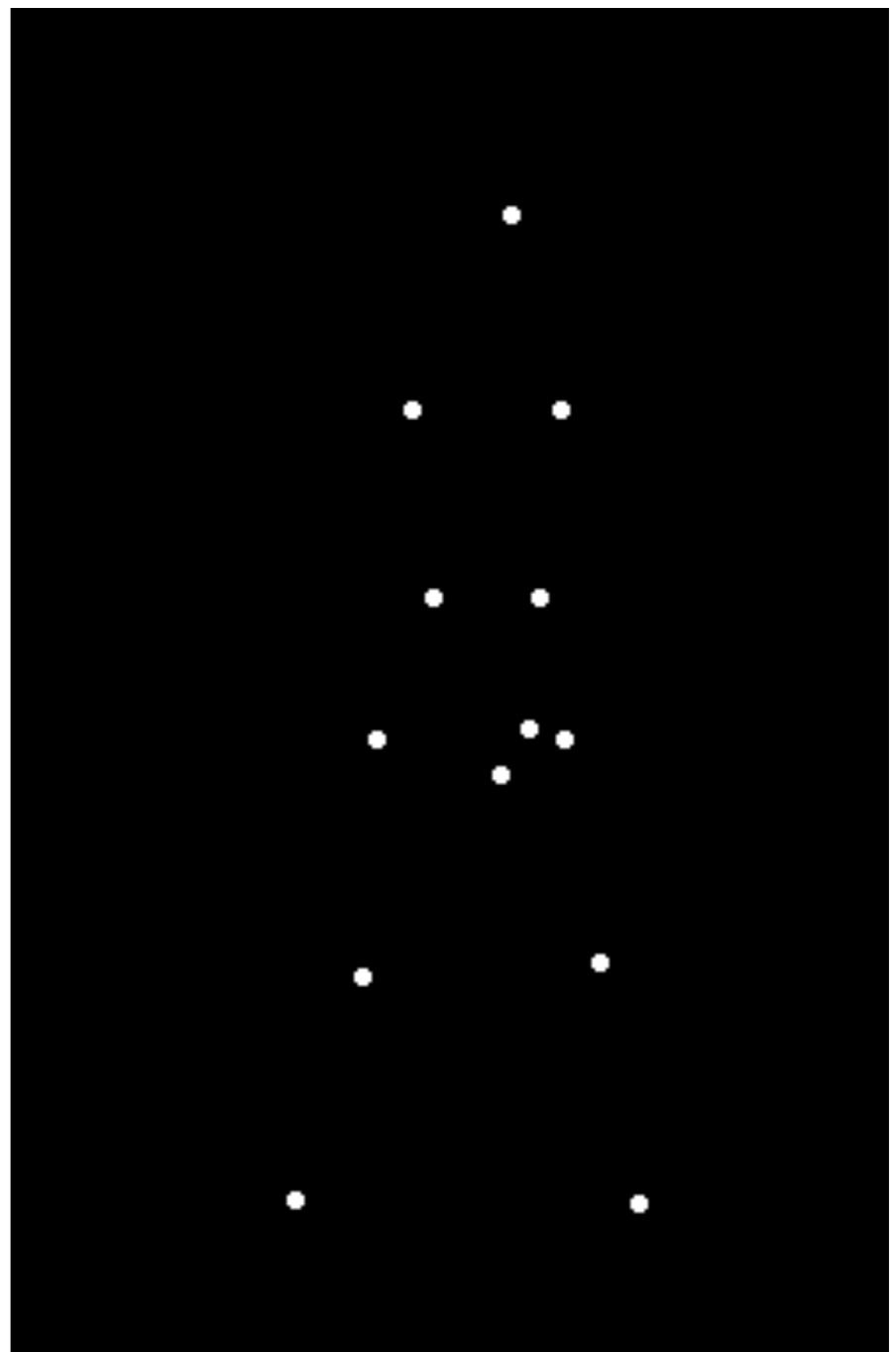
se estima que un 8% de la población masculina posee algún grado de deficiencia del color



fuente: <http://www.colourblindawareness.org/colour>

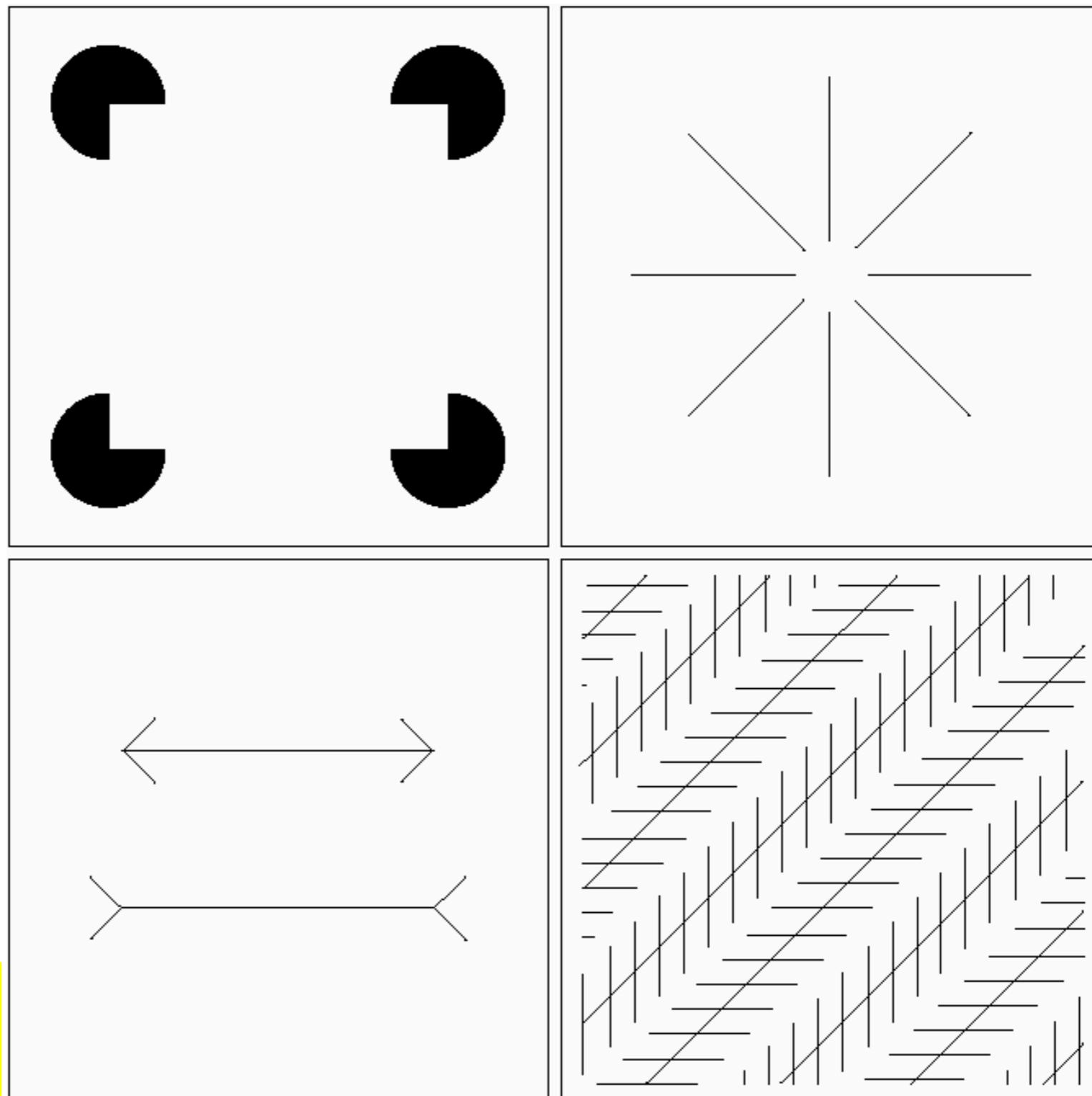
▶ Características:

- Lubricación y limpieza por parpadeo
- Autofocus muy rápido de 10cm al infinito
- Ajuste automático del iris
- Contraste dinámico (100:1) hasta (10e6:1)
- Rodeado de huestos y montado en grasa
- Flexibilidad del movimiento



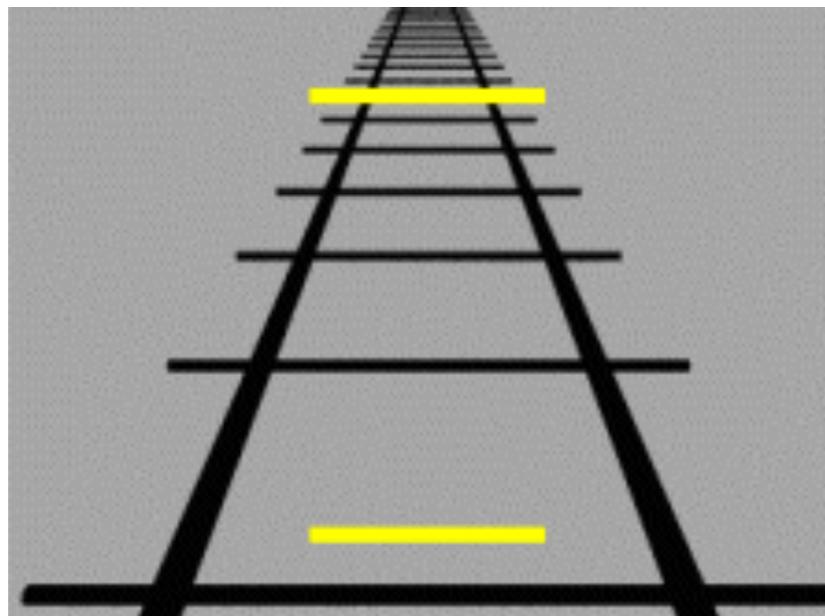
fuente: Percepción del movimiento
[http://www.lifesci.sussex.ac.uk/home/
George_Mather/Motion/](http://www.lifesci.sussex.ac.uk/home/George_Mather/Motion/)

▶ Ilusiones ópticas:



► Defectos:

Profundidad



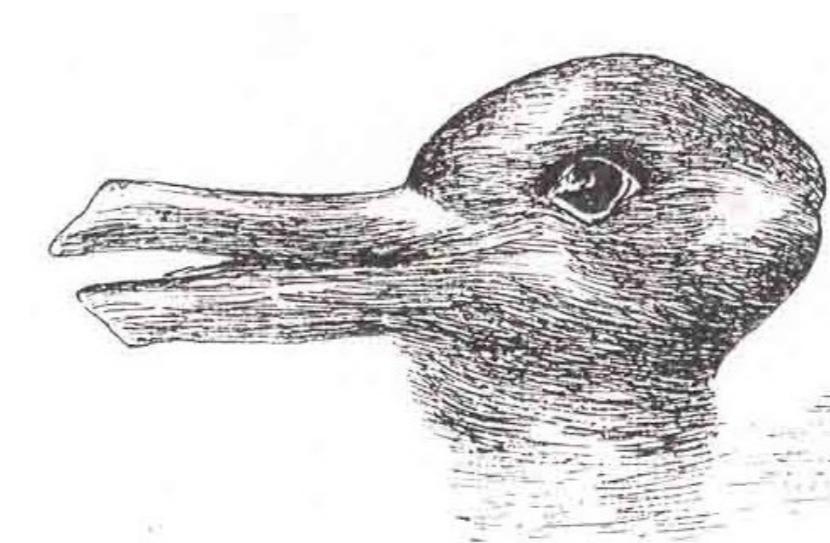
Interpretación



Brillo



Percepción

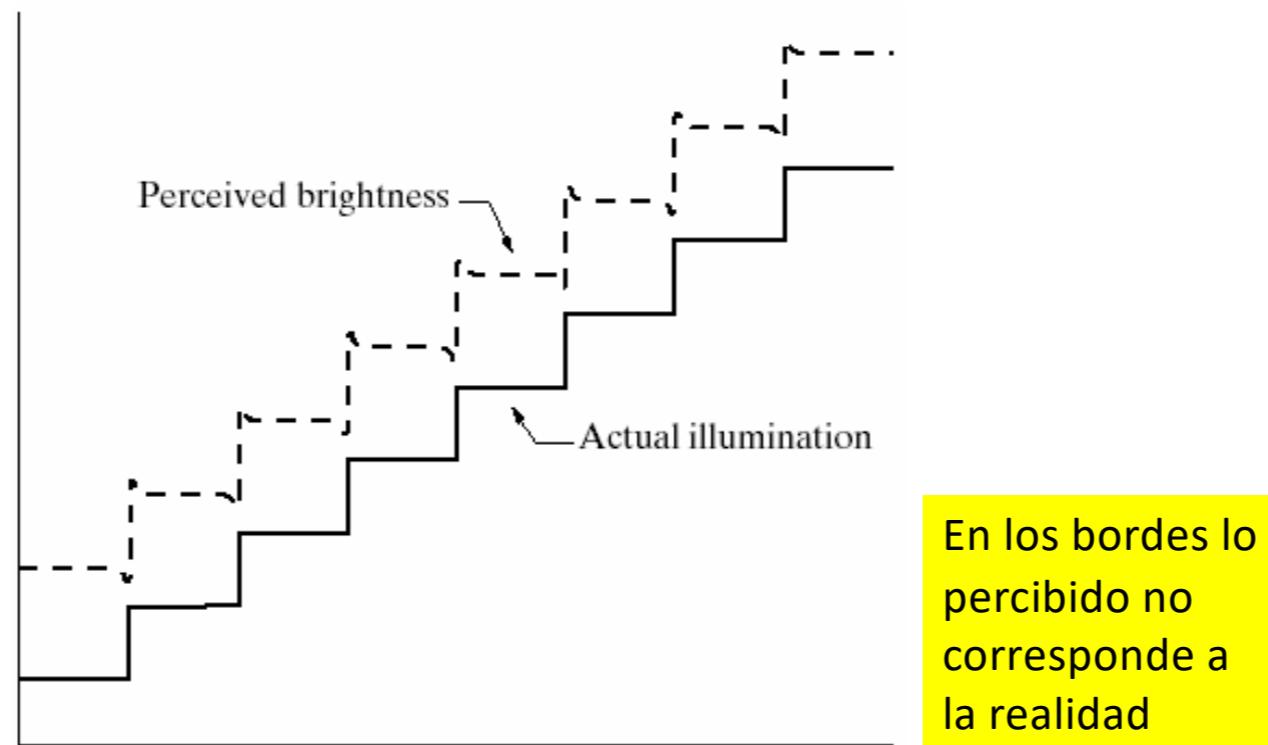
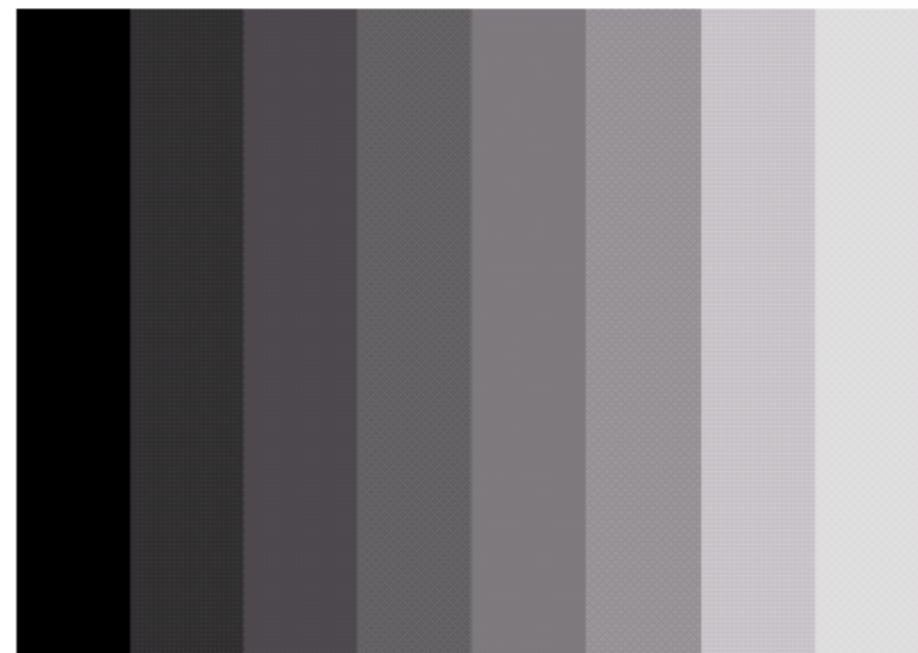


Awareness Test

Atención visual

<https://www.youtube.com/watch?v=xNSgmm9FX2s>

► Defectos:



- ▶ Aspectos administrativos
- ▶ Procesamiento de imágenes
 - Motivación
 - El ojo humano
 - Percepción



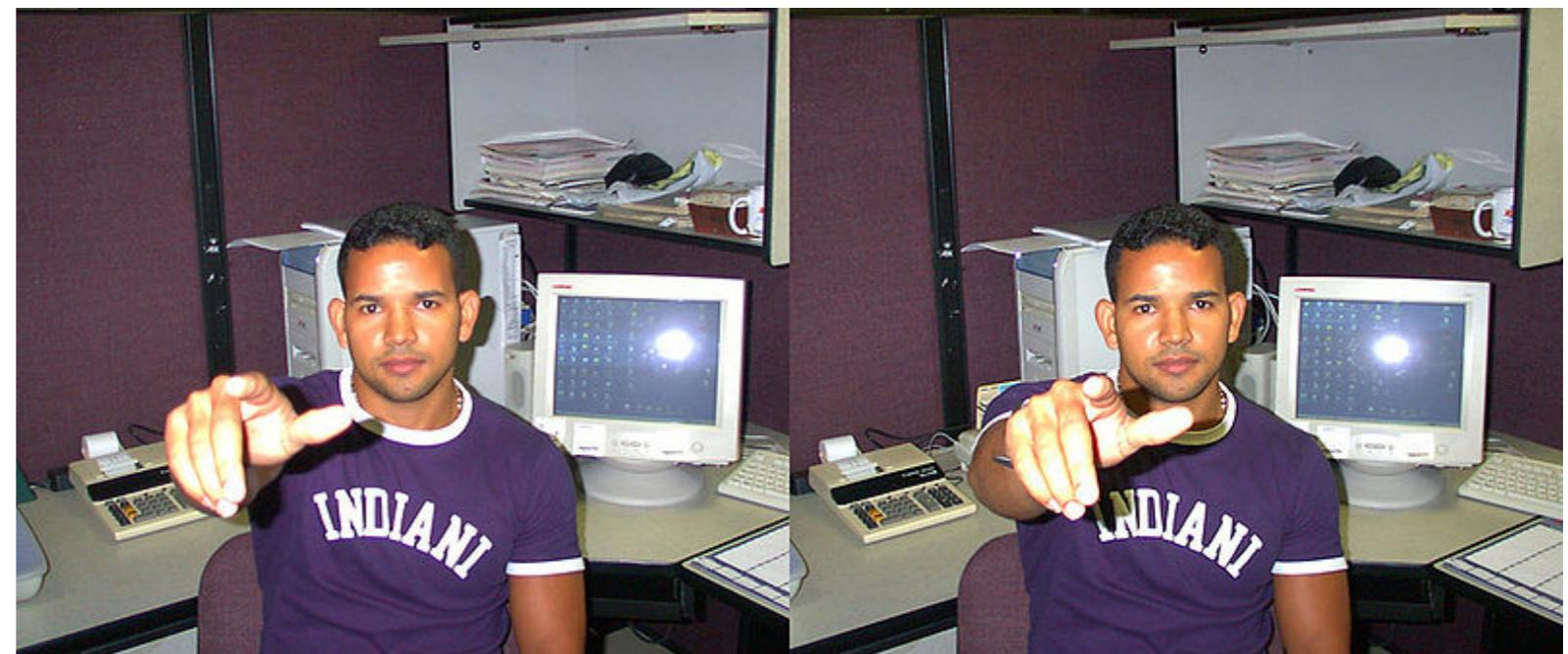
- ▶ La visión humana es el sistema más poderoso del reino animal. Entre sus principales características se encuentran:

Visión
tridimensional

Paralaje

Foco

Conocimiento
Previo



images from wikipedia

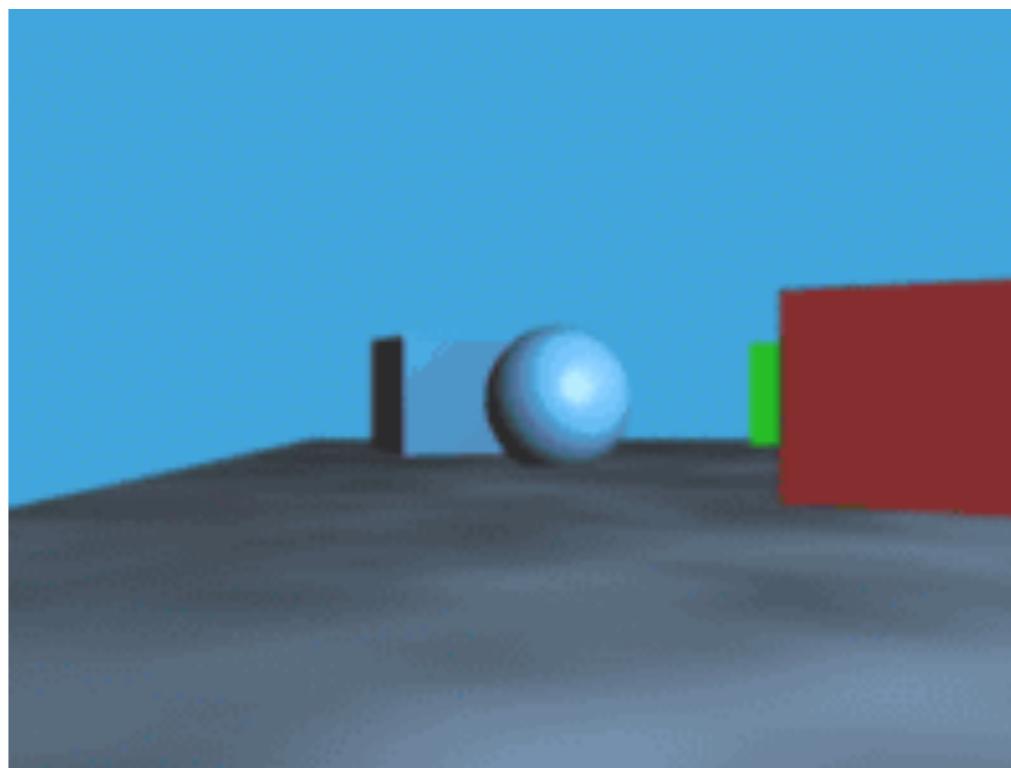
- ▶ La visión humana es el sistema más poderoso del reino animal. Entre sus principales características se encuentran:

Visión
tridimensional

Paralaje

Foco

Conocimiento
Previo



Los objetos lejanos parecen moverse más lentamente que los objetos más cercanos

fuente: Wikipedia

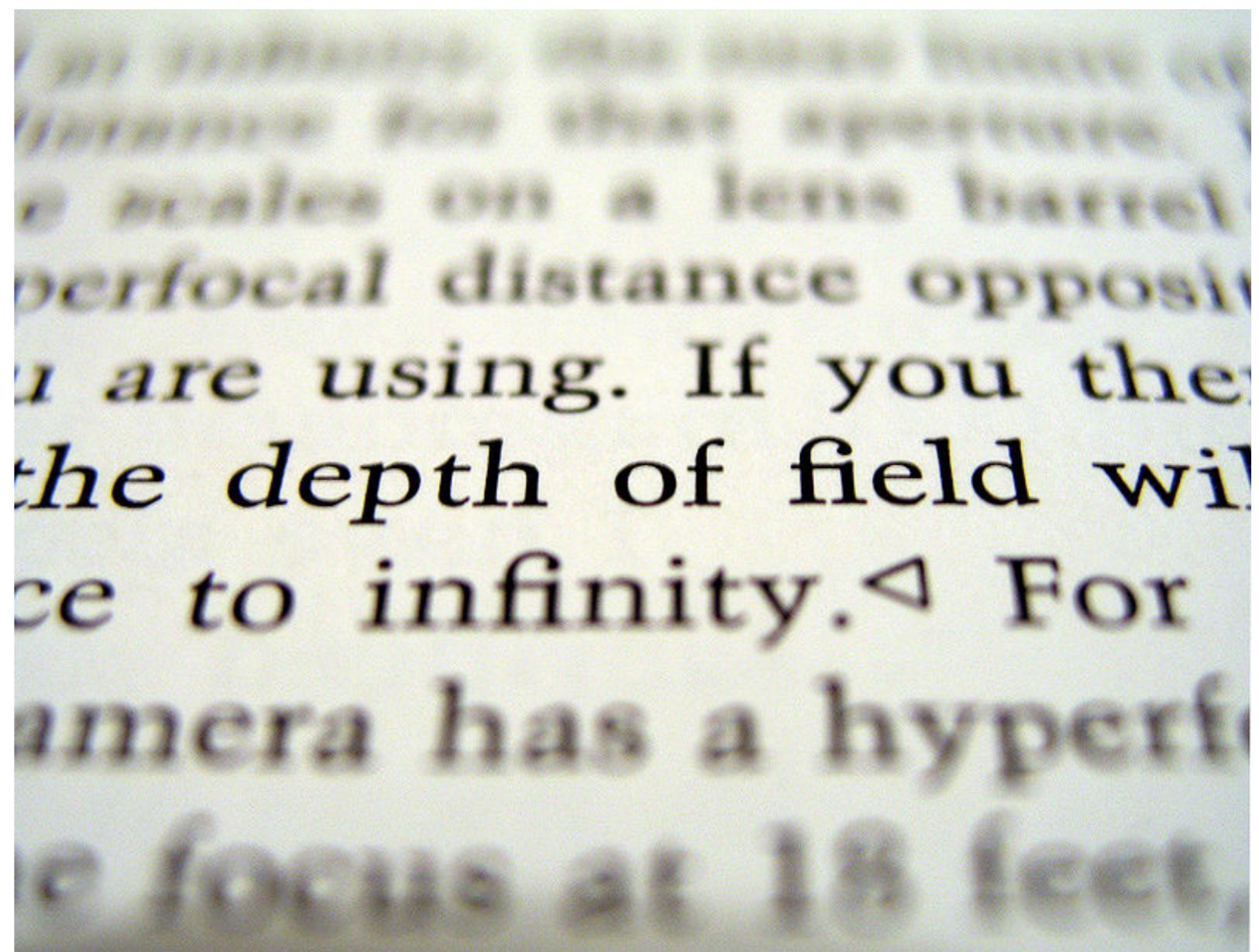
- ▶ La visión humana es el sistema más poderoso del reino animal. Entre sus principales características se encuentran:

Visión
tridimensional

Paralaje

Foco

Conocimiento
Previo



- ▶ La visión humana es el sistema más poderoso del reino animal. Entre sus principales características se encuentran:

Visión
tridimensional

Paralaje

Foco

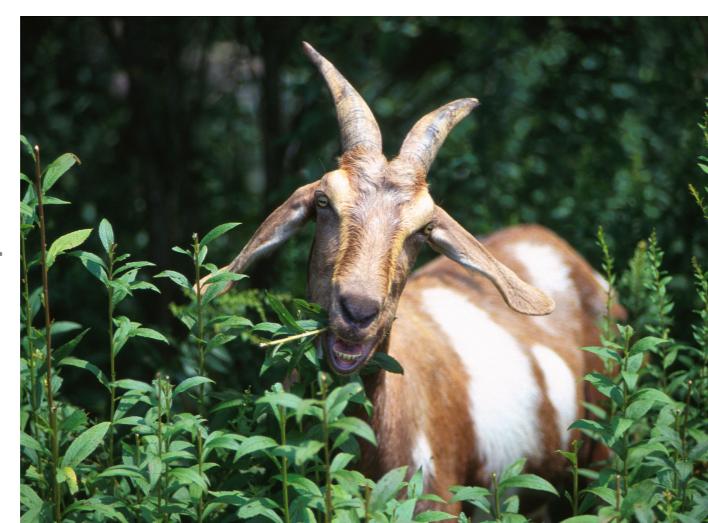
Conocimiento
Previo



■ Visión estéreo

- En los seres vivos, la visión estereoscópica es la capacidad para integrar dos imágenes en una sola a través de un procesamiento neurológico.

Gracias a la visión estereoscópica los seres vivos poseen la habilidad de determinar la distancia de los objetos, es decir, determinar la profundidad de campo. De esta forma podemos evaluar la velocidad, perspectiva, profundidad y distancia de los objetos.



Cabra comiendo hojas

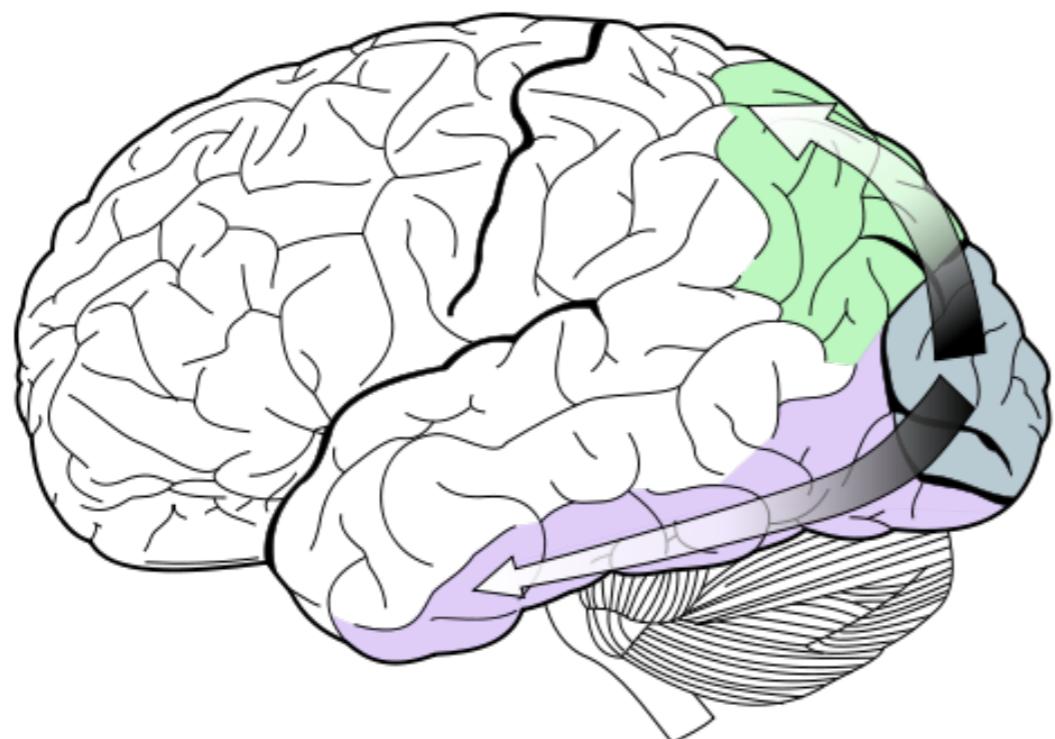


Un ratonero de cola roja

A medida que el animal predador es más especializado, aumenta su profundidad de campo, ya que es necesario tener una gran precisión sobre la distancia; no obstante, disminuye su amplitud de campo. En cambio en los herbívoros sucede completamente lo opuesto.

■ Percepción

- Dependiendo del entorno donde se sitúe cada especie, la percepción visual posee distintos grados de especialización. Variaciones en el rango de luz visible, nivel de luminosidad, grado de enfoque, entre otros son posibles evoluciones del sistema visual en cada especie (Land, 1992).



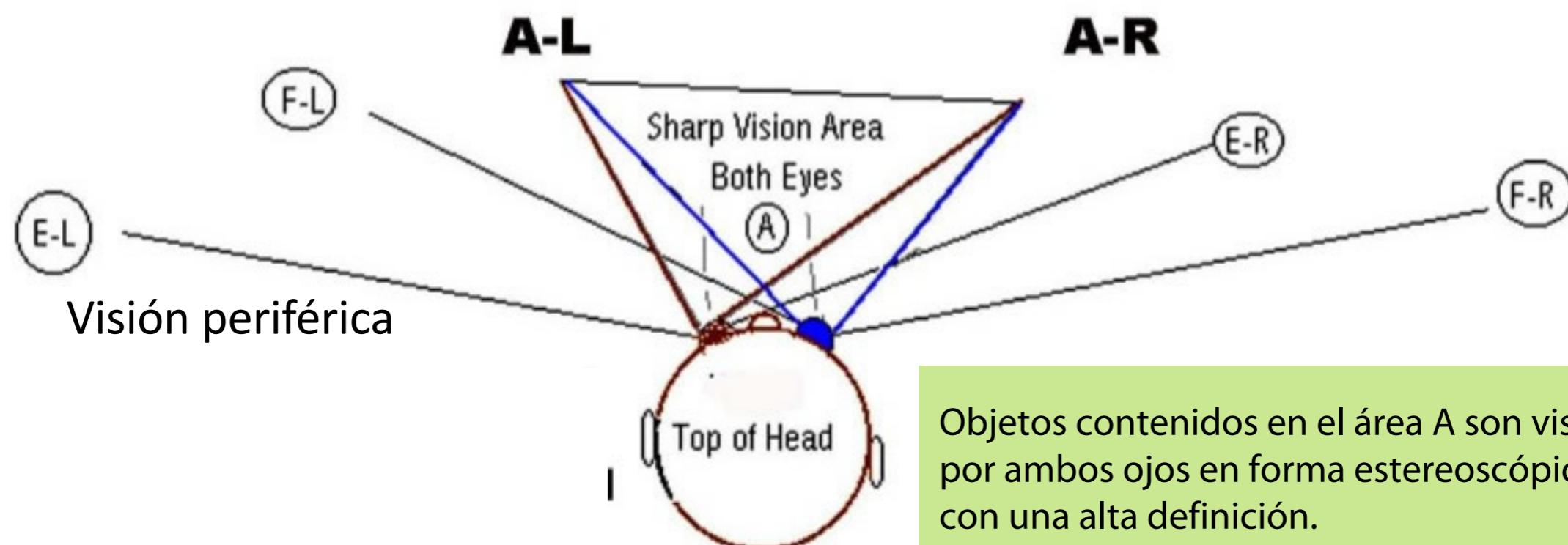
Corteza del cerebro involucrada en la visión humana. (1) color verde es el sistema dorsal. (2) color morado se muestra el sistema ventral.

Aunque ya en la antigua Grecia comenzaron a formularse los primeros modelos sobre el funcionamiento de la visión humana, la mayor de su comprensión fue desarrollada a comienzos del siglo XI por el científico Iraquí Ibn al-Haytham en su libro *Book of optics*

En el ser humano, la percepción visual es responsable que podamos percibir, interpretar, almacenar y recrear la realidad del entorno que nos rodea en todo momento.

▶ Campo visual humano

- Se ha estimado que en el ser humano poseemos un campo visual entre 75° a 95° con una alta definición (AL a AR). En el rango entre FL a FR entre 140° a 170° . Entre EL y FR entre 175° (visión nublada). En la vertical poseemos un campo visual de 60° hacia arriba y 70° hacia abajo



fuentes: Visual Distance Perception and Depth Perception, National Institute for Rehabilitation Engineering
http://www.abledata.com/abledata_docs/

▶ Qué son las Fijaciones y las Sacadas:

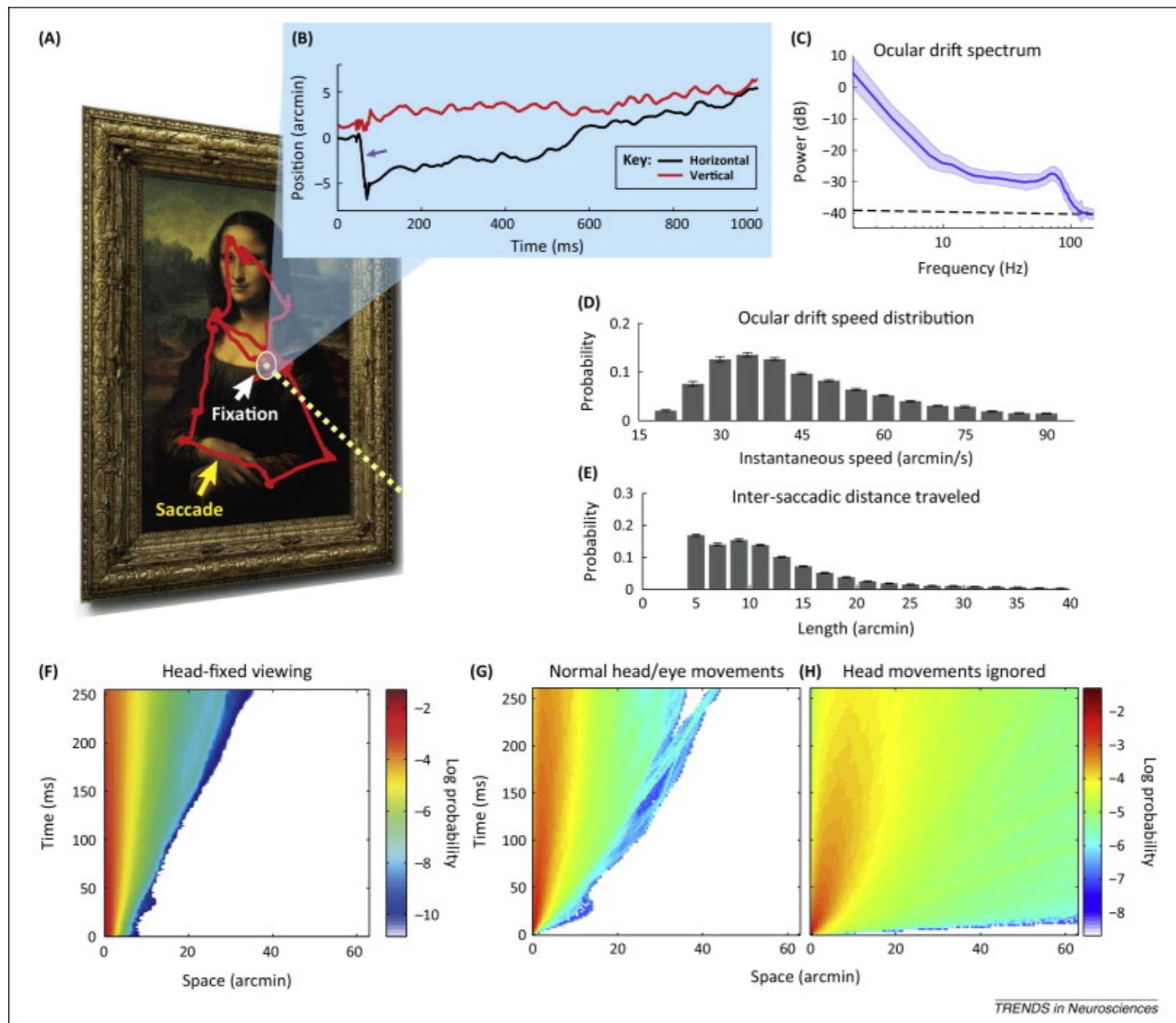
- Fijación: cuando por un lapso de tiempo fijamos nuestra mirada en un punto. (con microsacadas)
- Sacada: Son movimientos rápidos del ojo, período en el cual no estamos mirando (entre 20 a 200 milisegundos)



▶ Hechos sobre la coordinación:

- La mirada llega mucho antes que las manos.
- La mirada es estable hasta que el objeto es tomado





fuente: M. Rucci, J.D.Victor (2015), "The unsteady eye: an information-processing stage, not a bug", Trends in Neuroscience



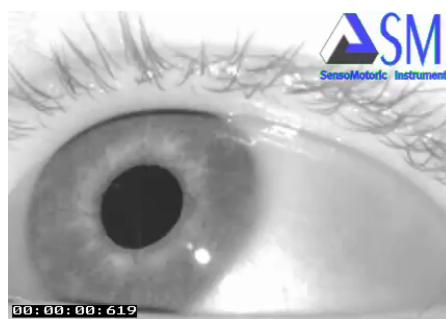
Yarbus (1967)



Remember positions of people and objects in the room.

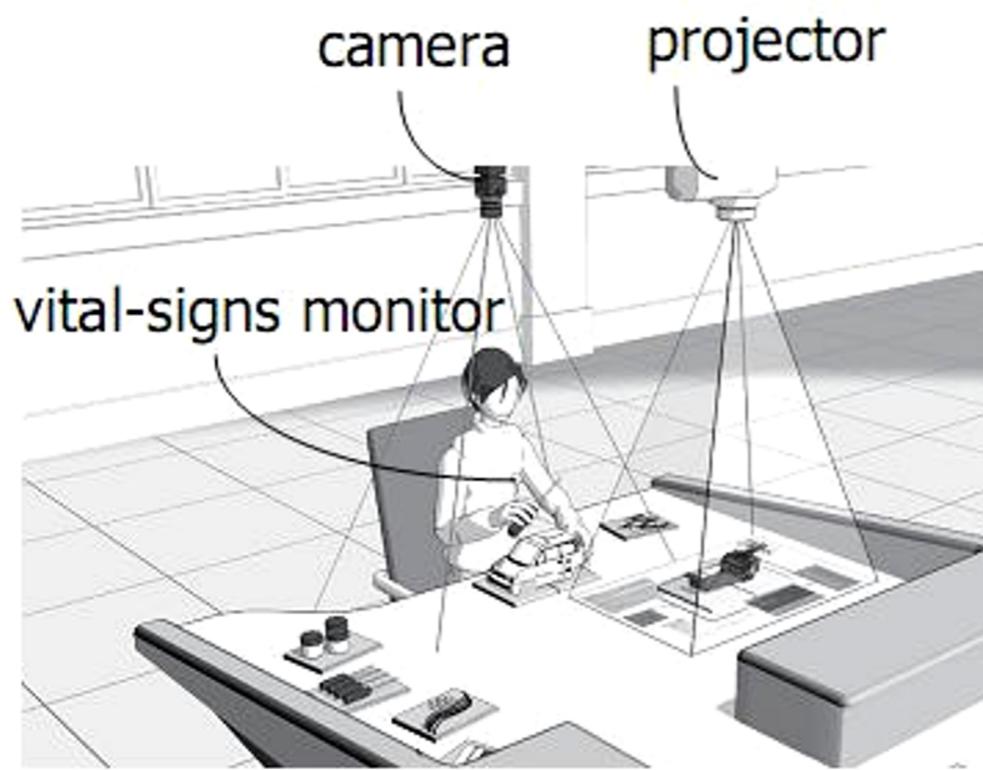
6

- ▶ Fijadas y sacadas

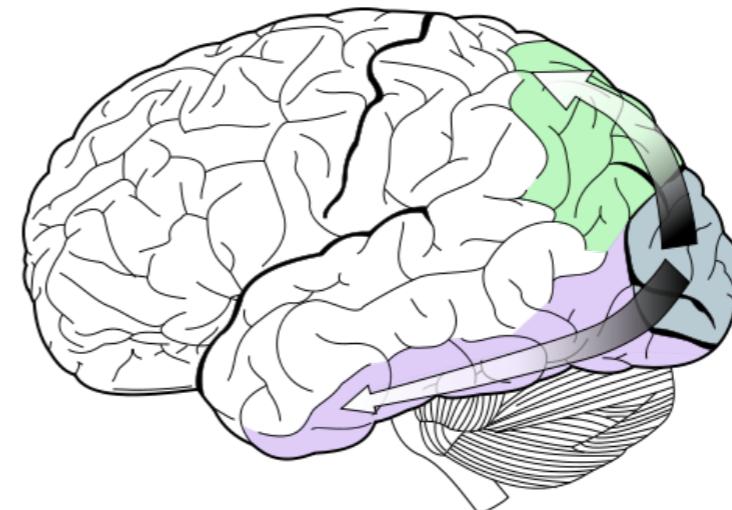


Fuente : SMI youtube

- ▶ En general la visión humana es entendida como la conjunción de diversos procesos neurológicos interactuando entre sí para dar sentido a la información visual.

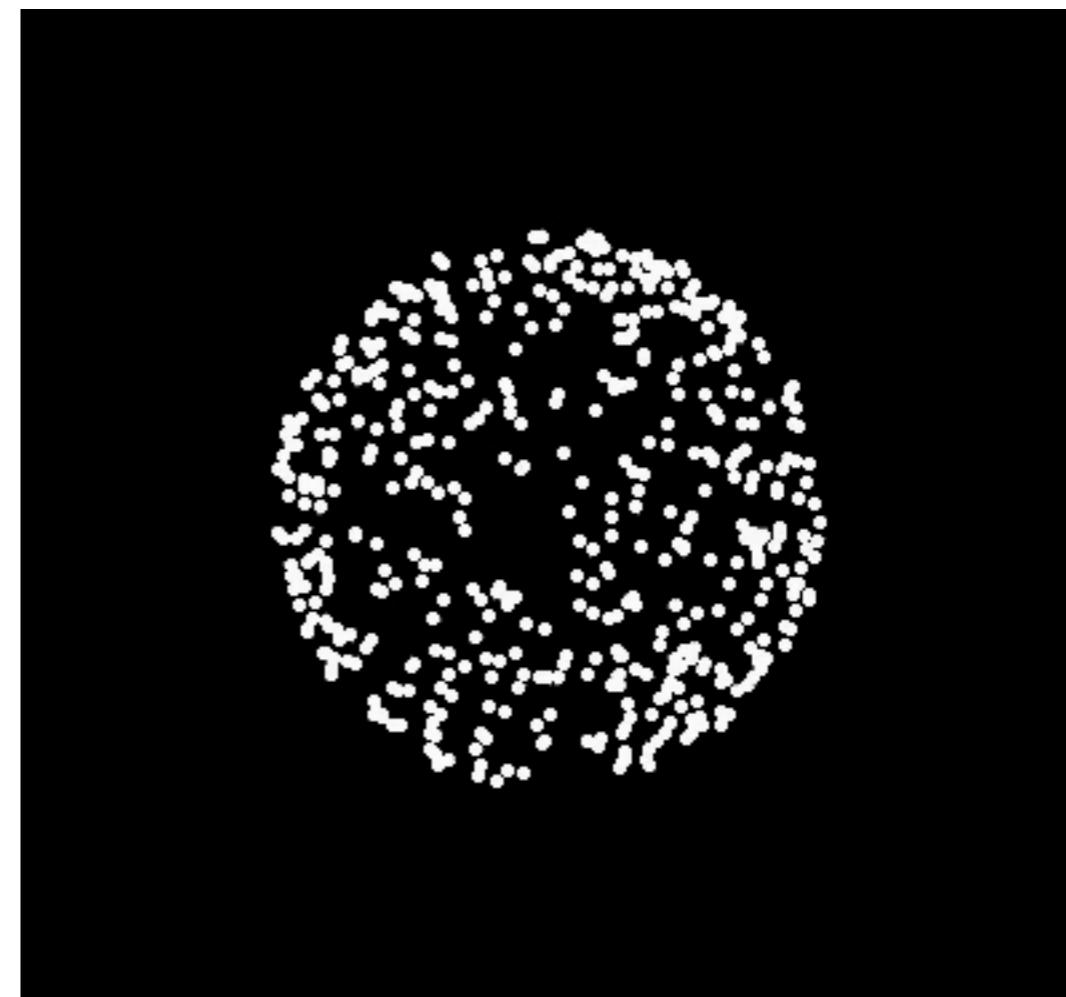


Bureau intelligent, Tamura et al. (2007)



La visión humana es sin duda uno de los principales sentidos del ser humano. Ésta nos permite crear una proyección sobre nuestro cuerpo y entorno generando una representación del mundo real para coordinar nuestras acciones y en particular el movimiento de nuestras extremidades.

- ▶ En general la visión humana es entendida como la conjunción de diversos procesos neurológicos interactuando entre sí para dar sentido a la información visual.
 - De esta forma podemos situarnos en el espacio que nos rodea,
 - detectar el movimiento de un objeto a la distancia,
 - determinar la velocidad a la cual un objeto se mueve,
 - o realizar algo tan cotidiano como tomar objetos con nuestras manos, entre otras actividades.

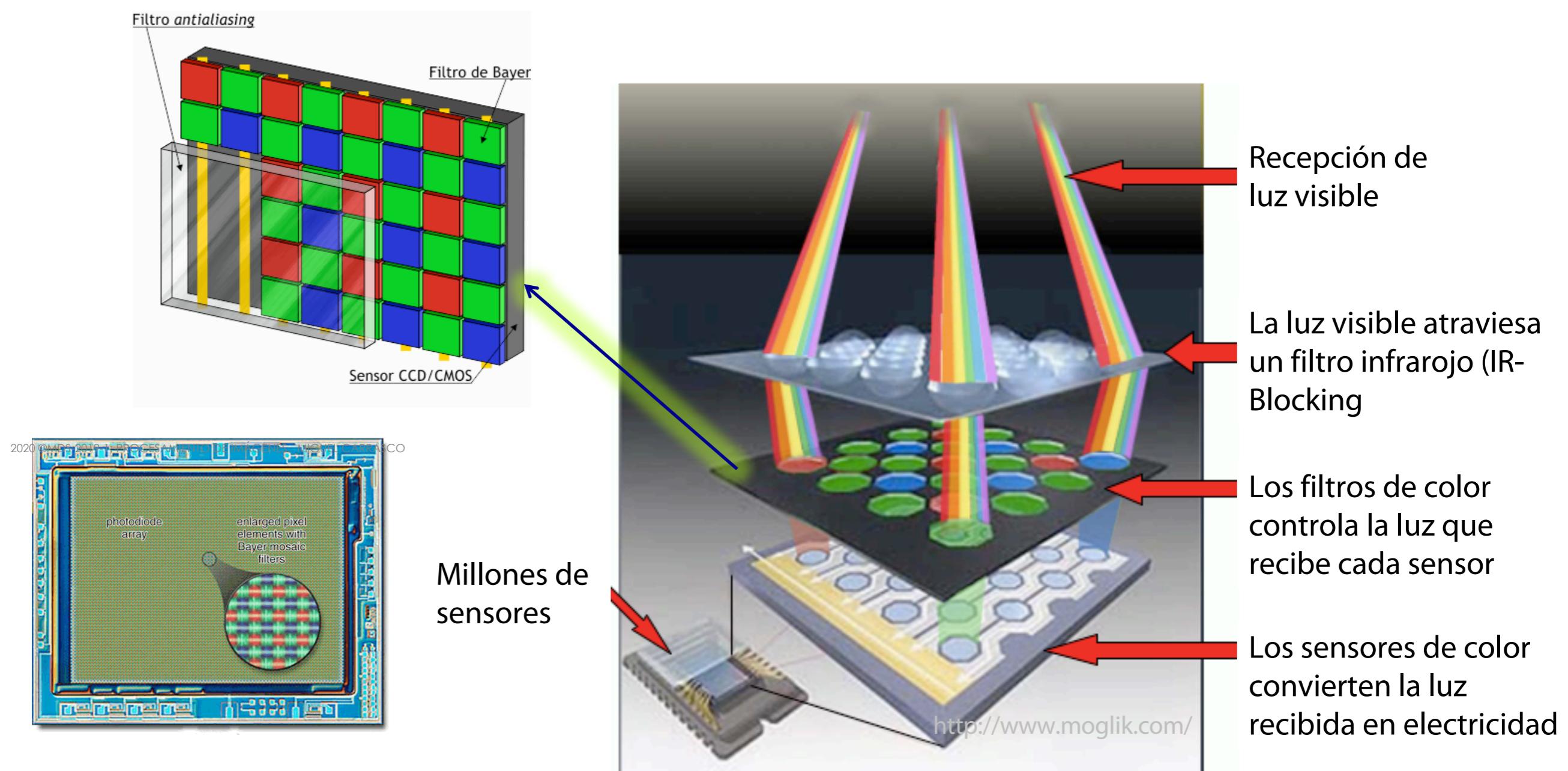


fuente: Percepción del movimiento 3D
http://www.lifesci.sussex.ac.uk/home/George_Mather/Motion/

- ▶ Procesamiento de imágenes
- ▶ Modelos del color
- ▶ Señales de video



- En la industria existen dos tipos de sensores que son los más empleados actualmente. El sensor CCD y el CMOS. Ambos permiten generar el color a partir de la luz recibida del exterior. Para ello que la luz pase por una serie de filtros intermedios los cuales permiten el paso de frecuencias de color al sensor.





Deconstructed: How Do Digital Cameras Use Light

Find out how digital cameras use light to compose the perfect shot on this clip from The Science Channel's, "Deconstructed."

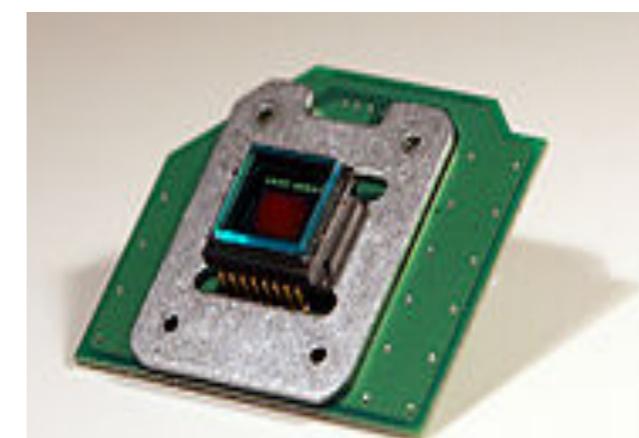
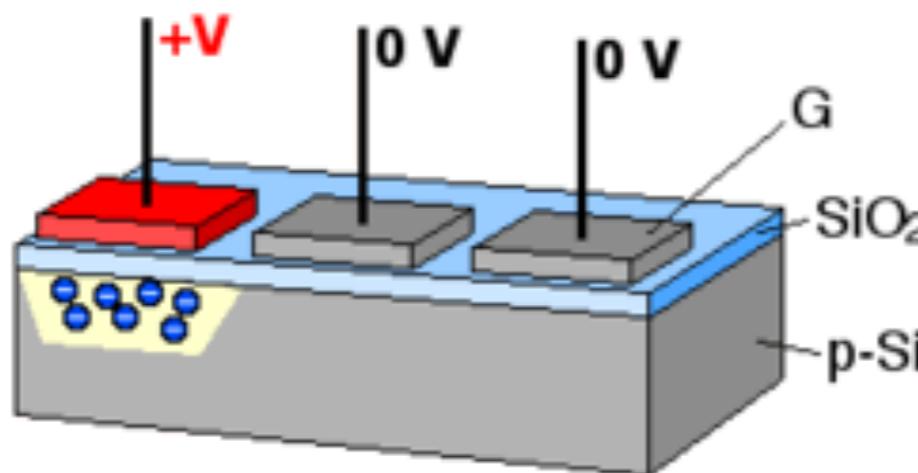
<http://science.discovery.com/videos/deconstructed-video/>

- El sensor CCD (charge-couple device) permite la captura de imagen (análoga) a través de un arreglo de celdas fotosensibles que convierte la luz recibida a impulsos eléctricos. Fue desarrollado en 1969 por W. Boyle y G. Smith, premiados con un Nobel el año 2009 por este invento.

Este proceso tiene tres etapas:

- ★ Cada región fotoactiva captura de fotones proporcional a la intensidad de la luz en dicha región.
- ★ Cada región transfiere su contenido de electrones a través de un registro de corrimientos (shift register) al capacitor vecino.
- ★ El último capacitor transfiere su contenido a un amplificador el cual convierte su carga a un voltaje. La secuencia de voltajes generada es transformada a determinado color.

images from wikipedia



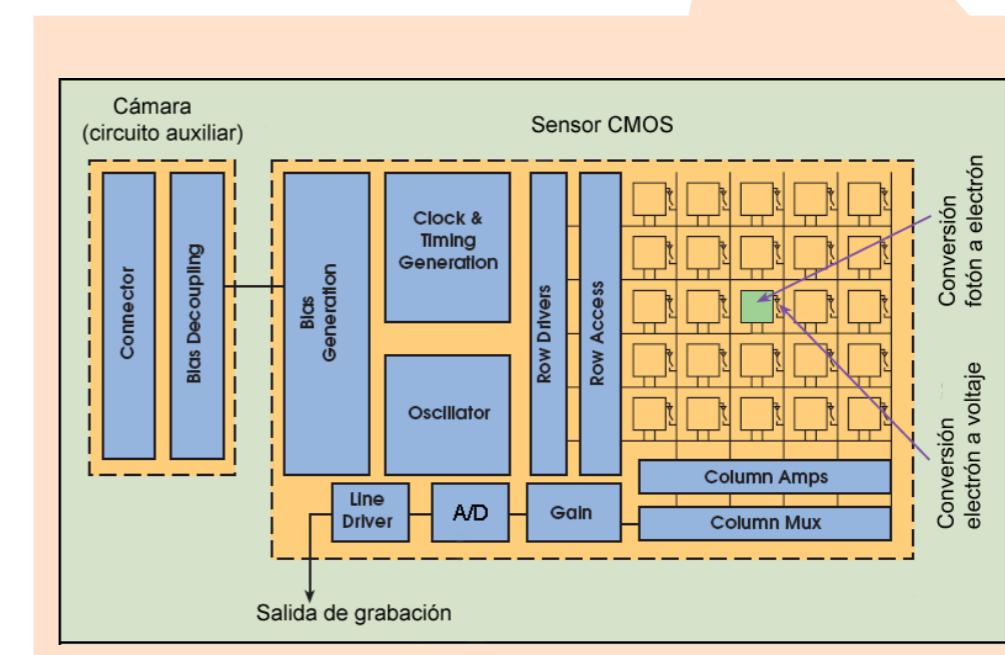
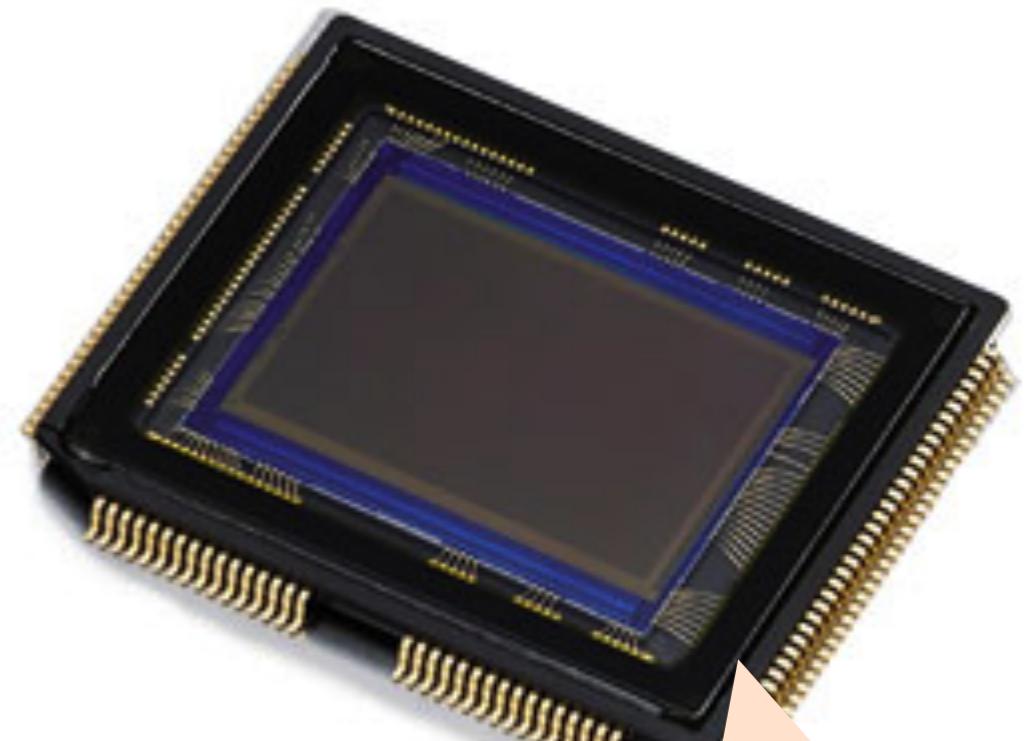
images from wikipedia

Sensor CCD Argus (2.1megapixel)

- El sensor CMOS (complementary-symmetry metal-oxide-semiconductor) utiliza un semiconductor de Metal-Óxido el cual convierte la luz en una señal eléctrica en cada una de sus celdas (píxel por píxel)

Ventajas de CMOS sobre CCD

- ★ Posee una mayor sensibilidad a la luz y menor consumo
- ★ La velocidad del sensor CMOS es superior debido a que la conversión es realizada en el mismo sensor.
- ★ CMOS permite capturar diferentes resolución sin realizar interpolación.
- ★ Esto significa que la saturación de un píxel no afecta a sus vecinos, como sucede en el sensor CCD.

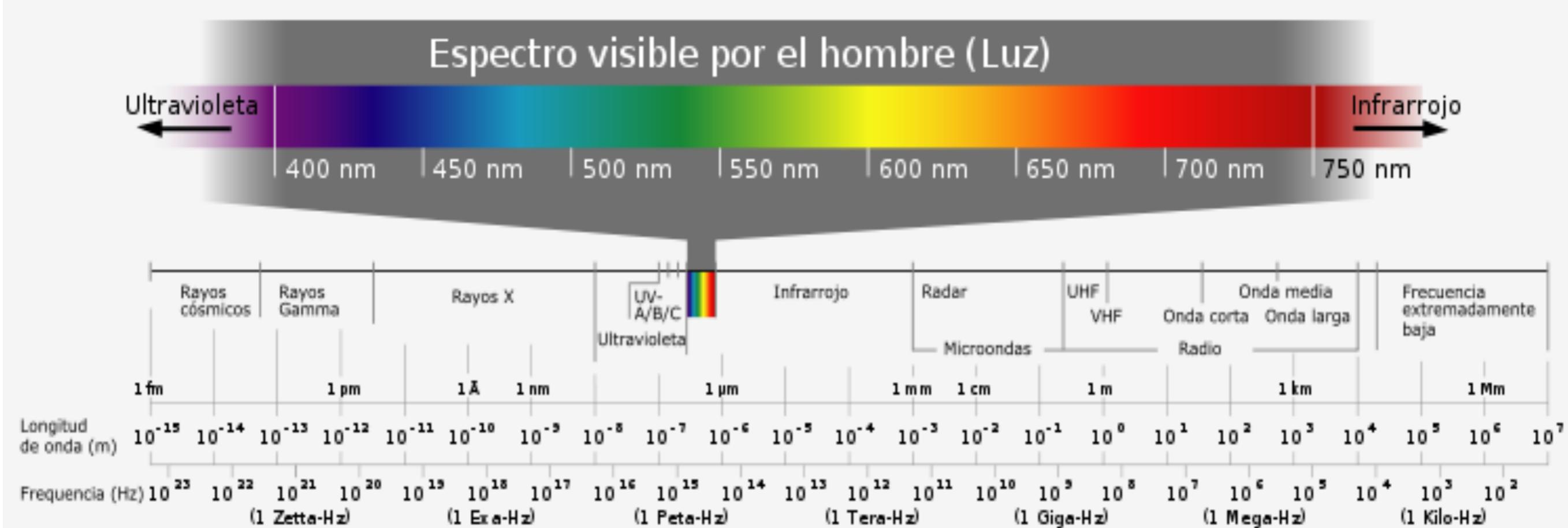


HVR-Z1J(CCD)パン時の歪み検証

CMOS vs CCD

<http://www.youtube.com/watch?v=DB740lEkEkg&feature=related>

- ▶ La luz visible es una radiación electromagnética que es percibida por el ojo humano.



▶ Definición

- Flujo radiante: es la medida de la potencia de radiación electromagnética



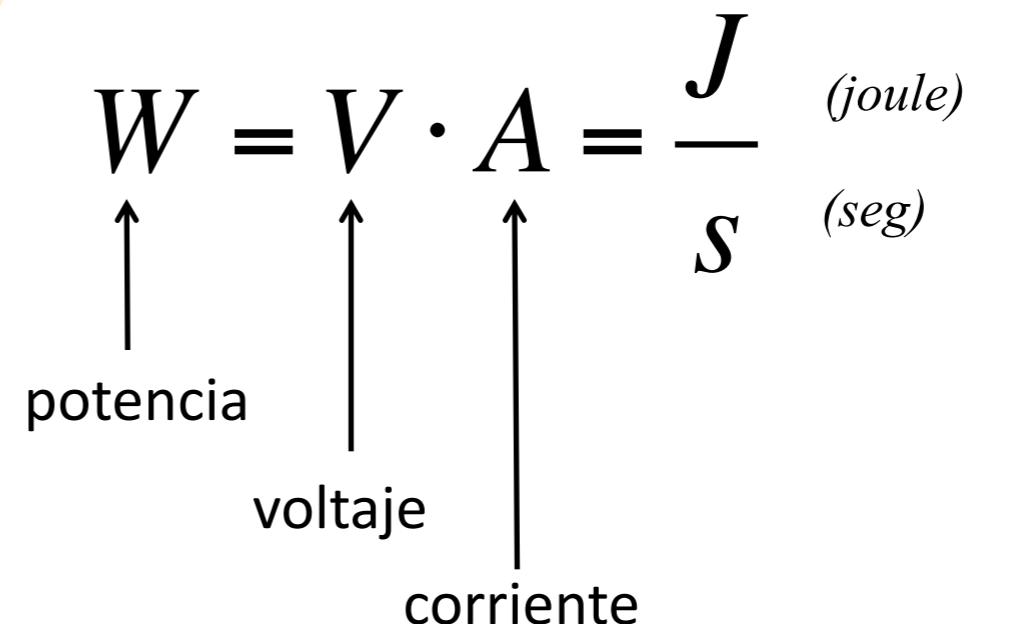
➤ 1 ampolleta de 100 watt ilumina 1000 lumen.

- Es la energía medida por unidad de tiempo.
- Su unidad internacional es el *Watt*.

$$W = V \cdot A = \frac{J}{S}$$

(joule) (seg)

potencia voltaje corriente



▶ Definición

- Flujo luminoso: es la medida de la potencia luminosa percibida por el ojo



➤ 1 Lux equivale a la luz de la Luna llena a gran altitud en latitud tropical

- Su unidad internacional es el *Lumen (lm)*.

$$lm = lx \cdot m^2 = cd \cdot sr$$

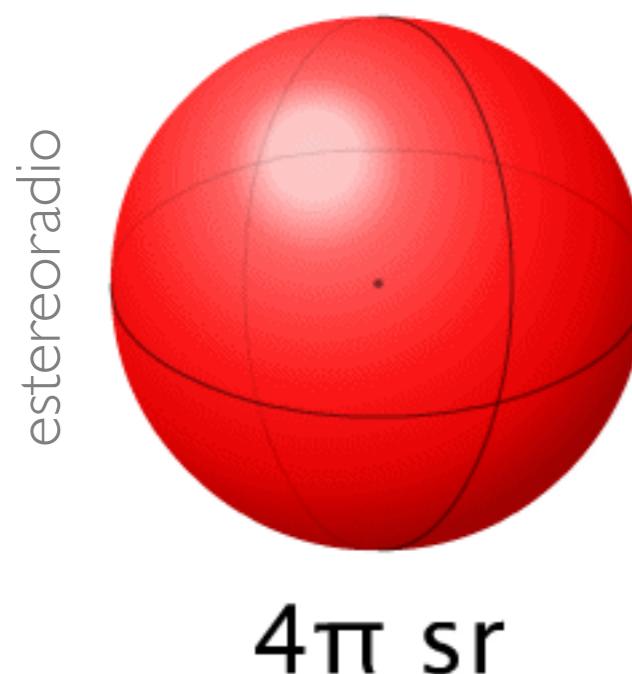
lumen lux metro candela estereorradián

➤ 1 ampolleta de 100 watt ilumina 1000 lúmenes.

▶ Definición

- Luminancia: es la densidad angular y superficial de flujo luminoso que incide, atraviesa o emerge de una superficie siguiendo una dirección determinada.

- Su unidad internacional es el L_v .



➤ 1 candela equivale a la sexagésima parte de la luz emitida por un centímetro cuadrado de platino puro en estado sólido a la temperatura de su punto de fusión (2046 K).

CPGM, 1954

$$L_v = \frac{cd}{m^2} = \frac{d^2 F}{dS \cdot d\Omega \cdot \cos\theta}$$

F : Flujo luminoso
 S : Elemento de superficie
 Ω : Elemento de ángulo sólido
 Θ : Ángulo entre la normal de la superficie y la dirección considerada

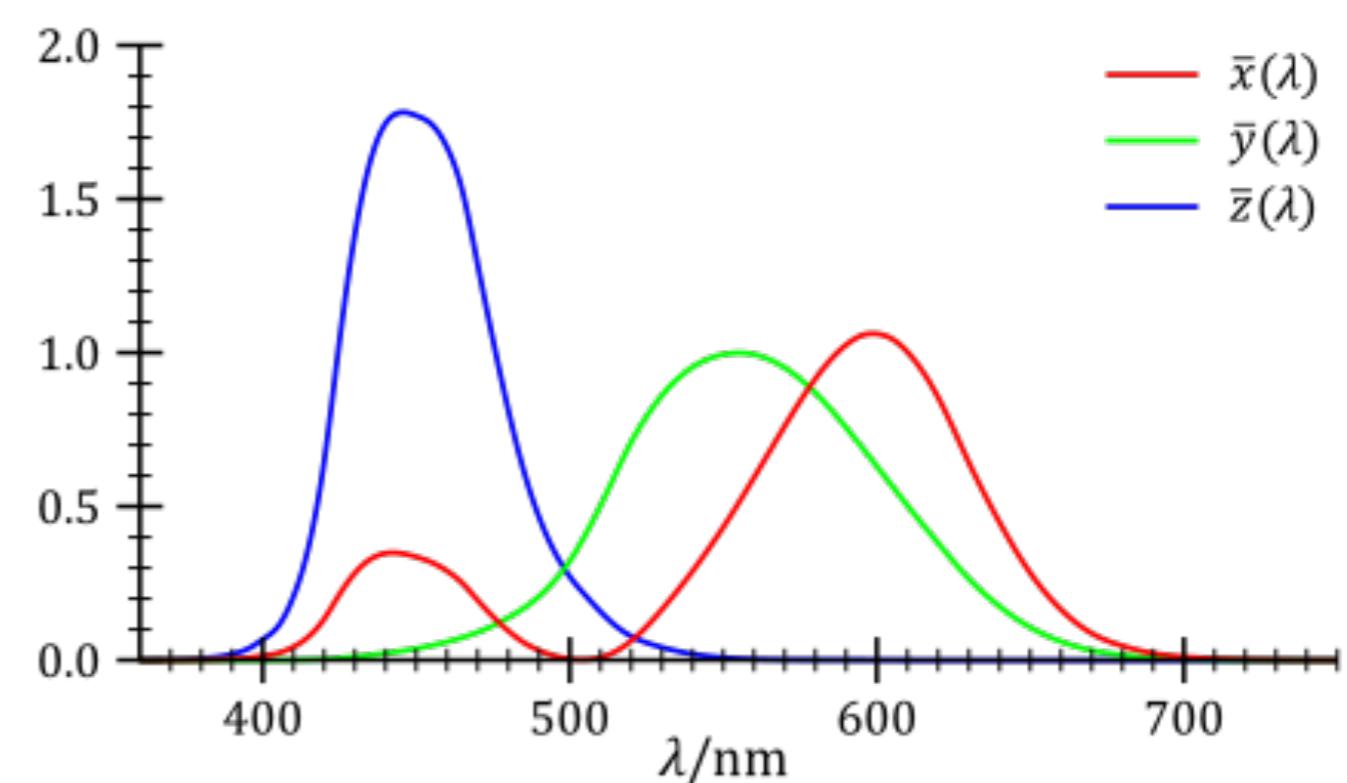
▶ CIE XYZ

- El primer sistema de color formal se conoce como CIE XYZ. Fue diseñado por la CIE en 1931 con el fin de modelar matemáticamente el espacio del color.

$$X = \int_0^{\infty} I(\lambda) \cdot \bar{x}(\lambda) d\lambda$$

$$Y = \int_0^{\infty} I(\lambda) \cdot \bar{y}(\lambda) d\lambda$$

$$Z = \int_0^{\infty} I(\lambda) \cdot \bar{z}(\lambda) d\lambda$$



- Los valores X-Y-Z representan (simulan) los estímulos de la visión humana.

Funciones de color según longitud de onda

▶ CIE Yyx

- Para facilitar el proceso de visualización, el canal Y fue deliberadamente designado como el canal de iluminancia. De esta forma es posible presentar un espacio de colores usando dos componentes (x,y)

$$Y = Y$$

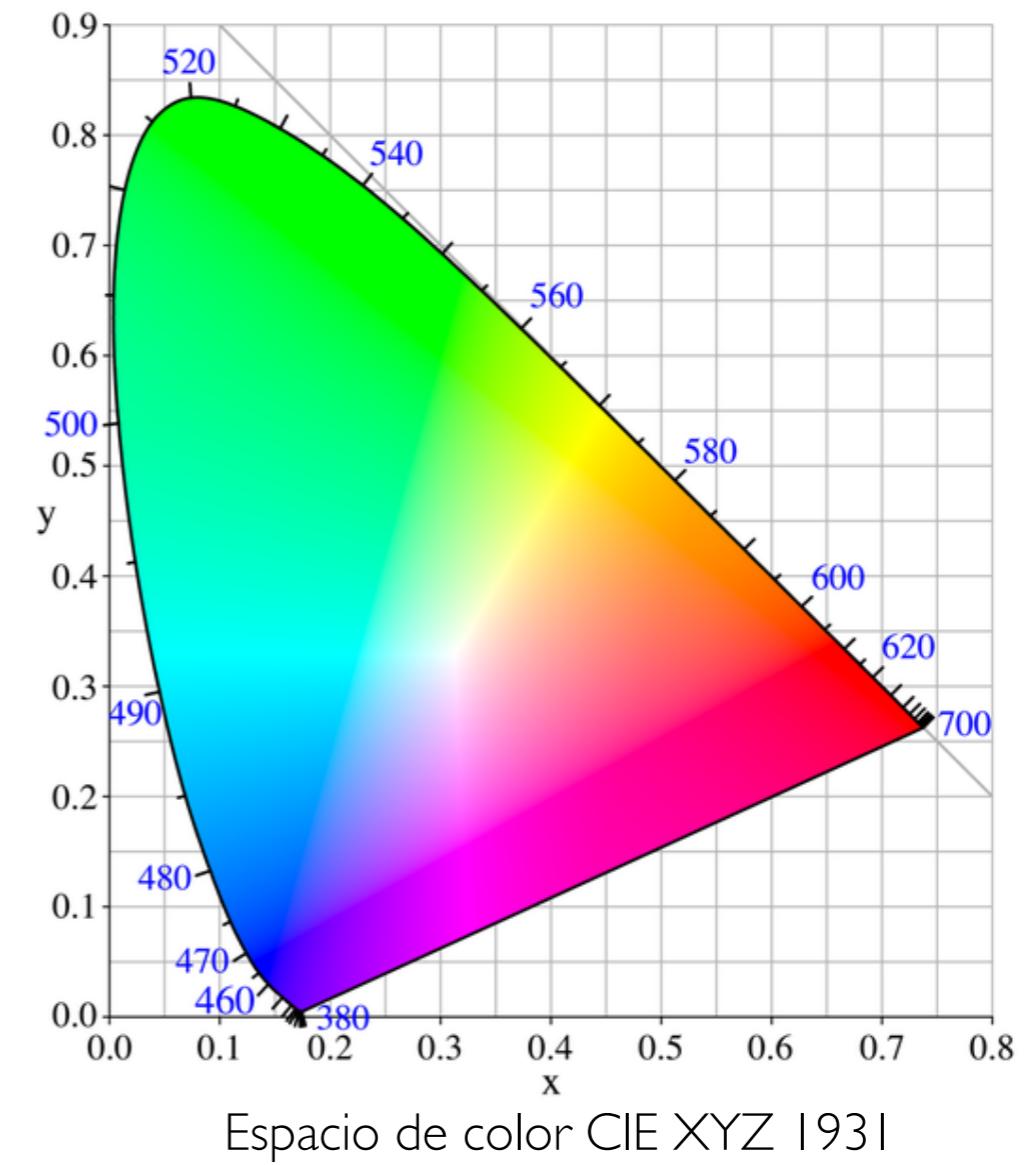
$$x = \frac{X}{X + Y + Z}$$

$$y = \frac{Y}{X + Y + Z}$$

- La transformada inversa es posible calcularla de la siguiente forma

$$X = \frac{Y}{y} \cdot x$$

$$Z = \frac{Y}{y} \cdot (1 - x - y)$$



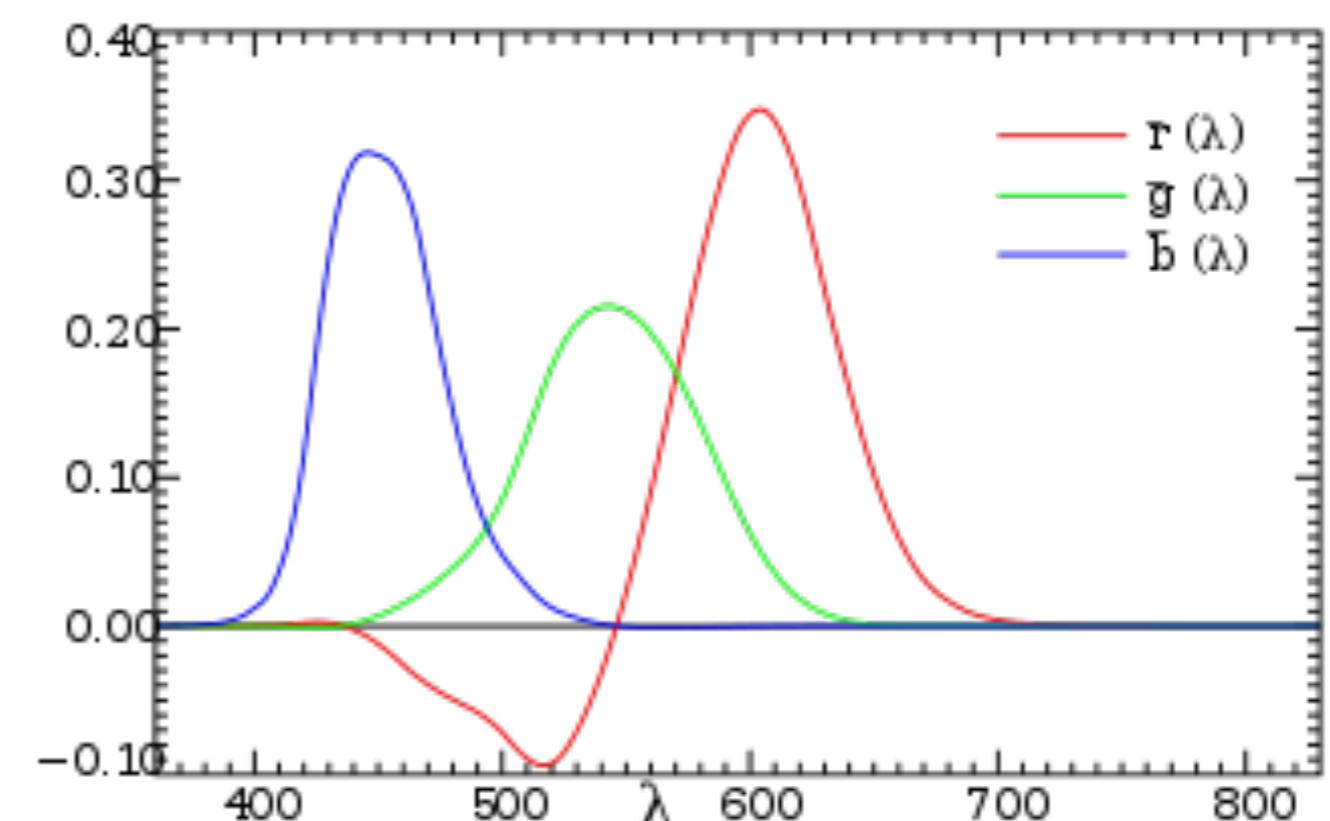
▶ CIE RGB

- El espacio CIE RGB fue diseñado a través de serie de experimentos realizados en 1920 por los investigadores David Wright and John Guild que permitieron construir el estándar CIE XYZ de 1931

$$R = \int_0^{\infty} I(\lambda) \cdot r(\lambda) d\lambda$$

$$G = \int_0^{\infty} I(\lambda) \cdot g(\lambda) d\lambda$$

$$B = \int_0^{\infty} I(\lambda) \cdot b(\lambda) d\lambda$$

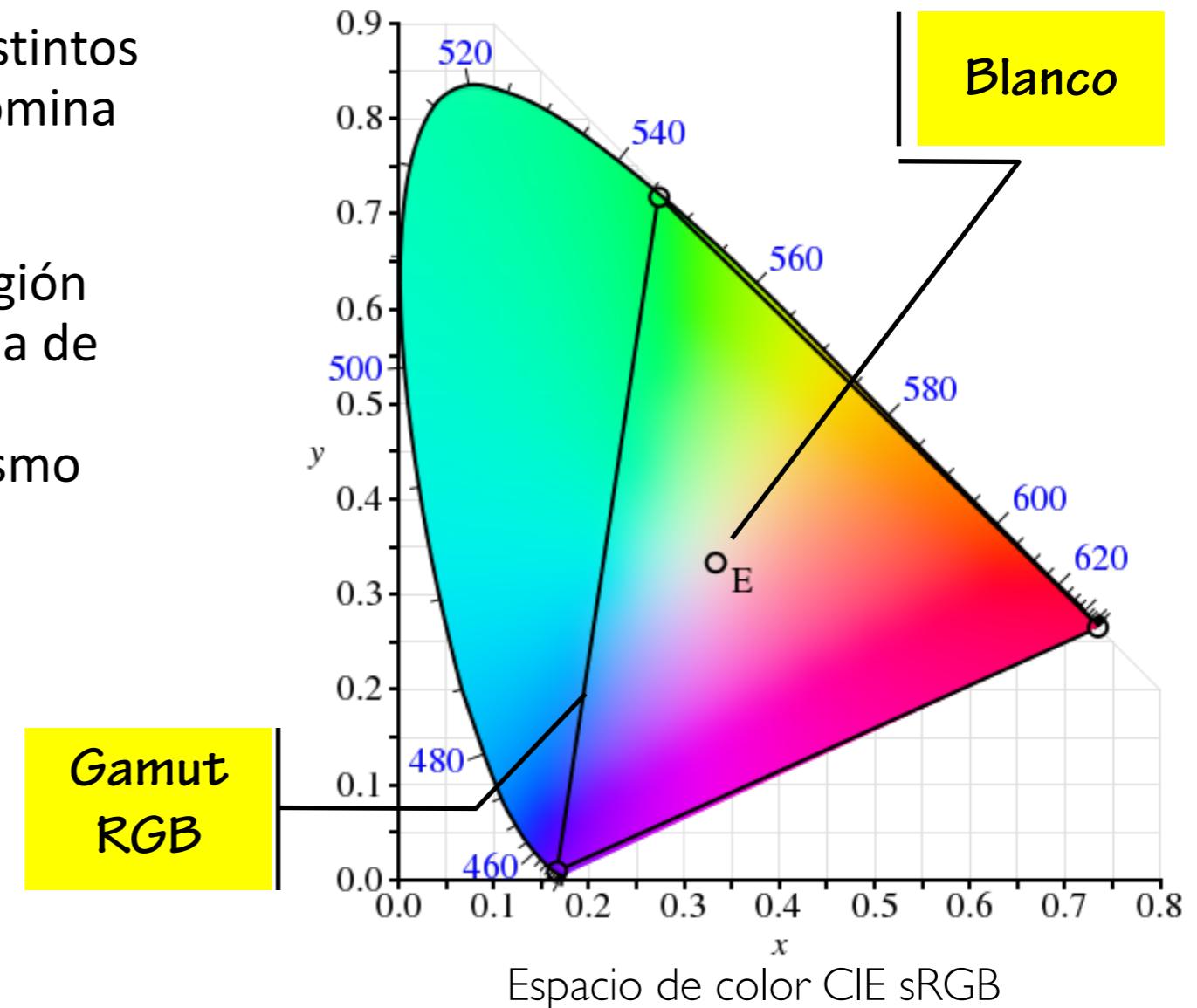


- Los valores de la función de color fueron construidos por medio de una pantalla circular de 2 grados.

Funciones de color según longitud de onda

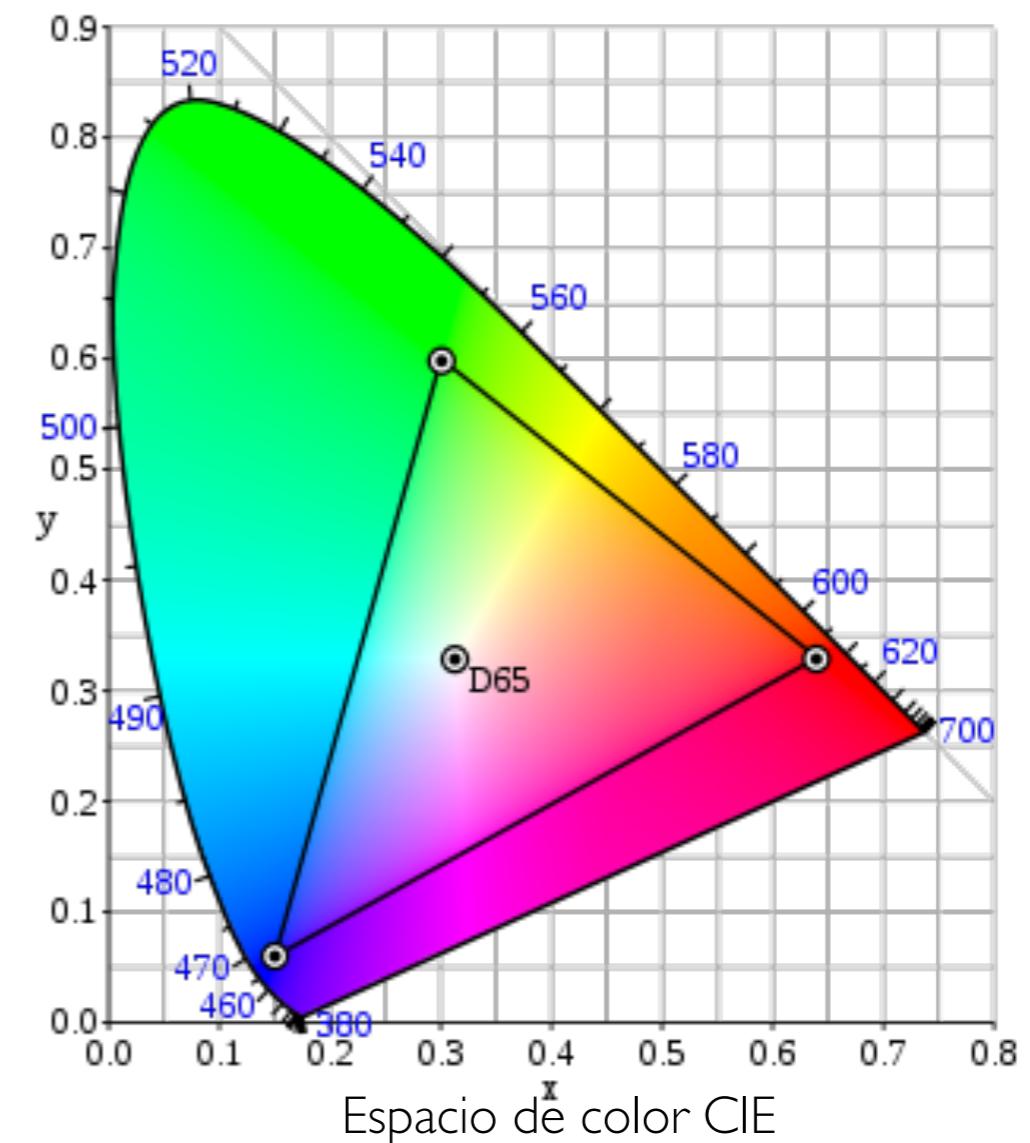
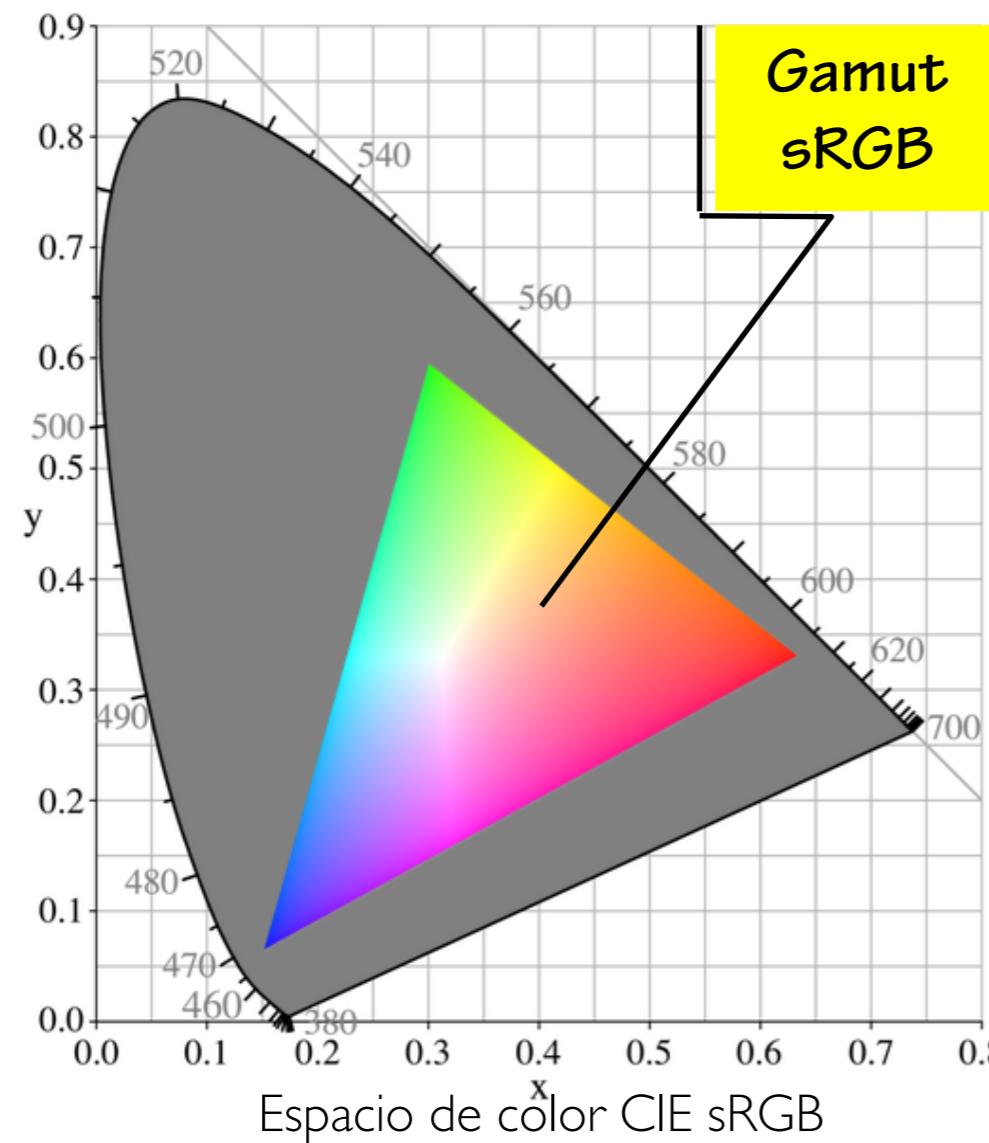
▶ CIE RGB

- El espacio CIE RGB fue diseñado a través de serie de experimentos realizados en 1920 por los investigadores David Wright and John Guild. Esto permitió al CIE determinar el estándar CIE XYZ de 1931.
- El espacio de color que los distintos dispositivos emplean se denomina **gamut**.
- **Gamut** corresponde a una región específica dentro de una gama de colores. De esta forma si dos dispositivos comparten el mismo gamut, ambos podrán ver los mismos colores.



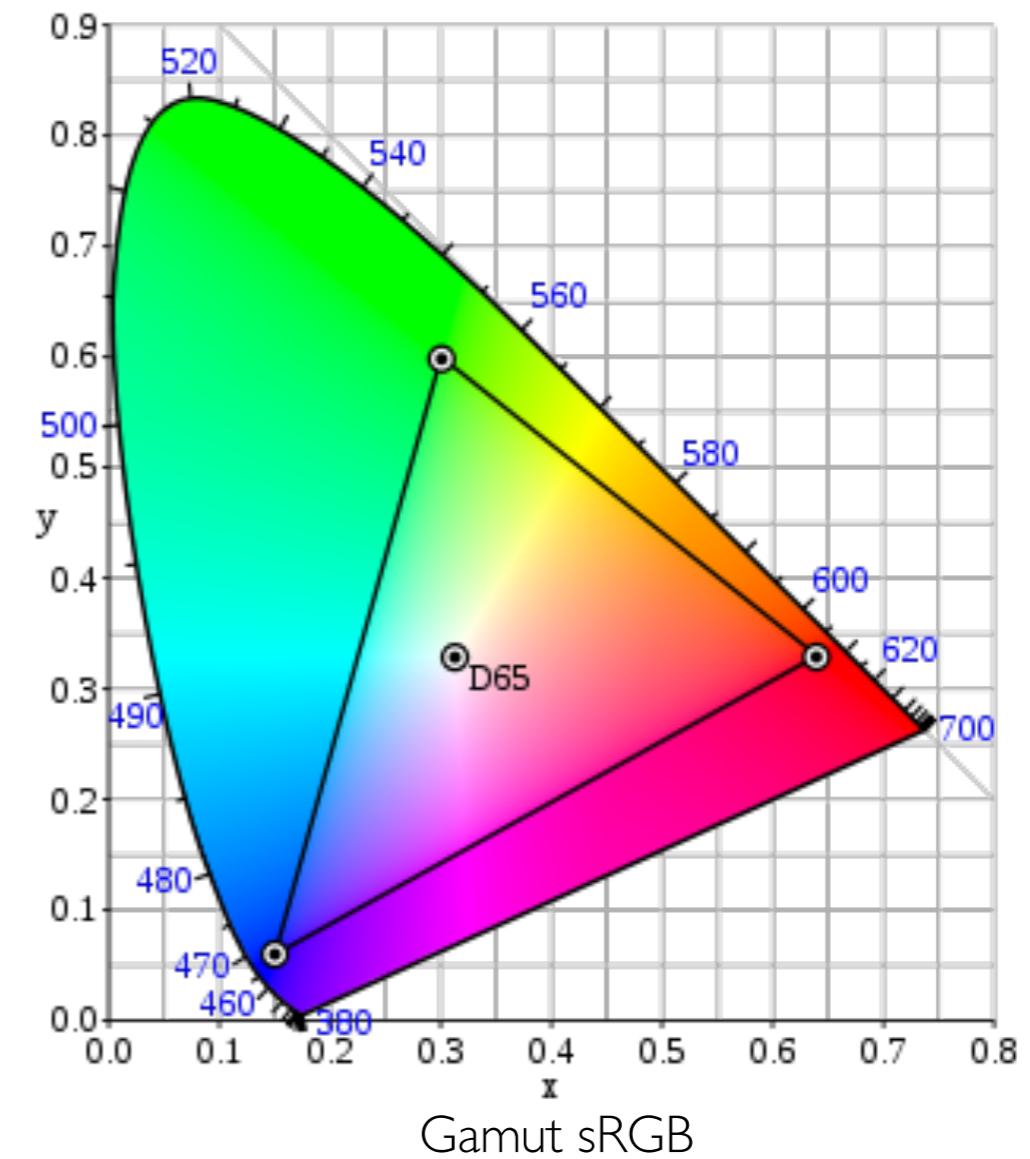
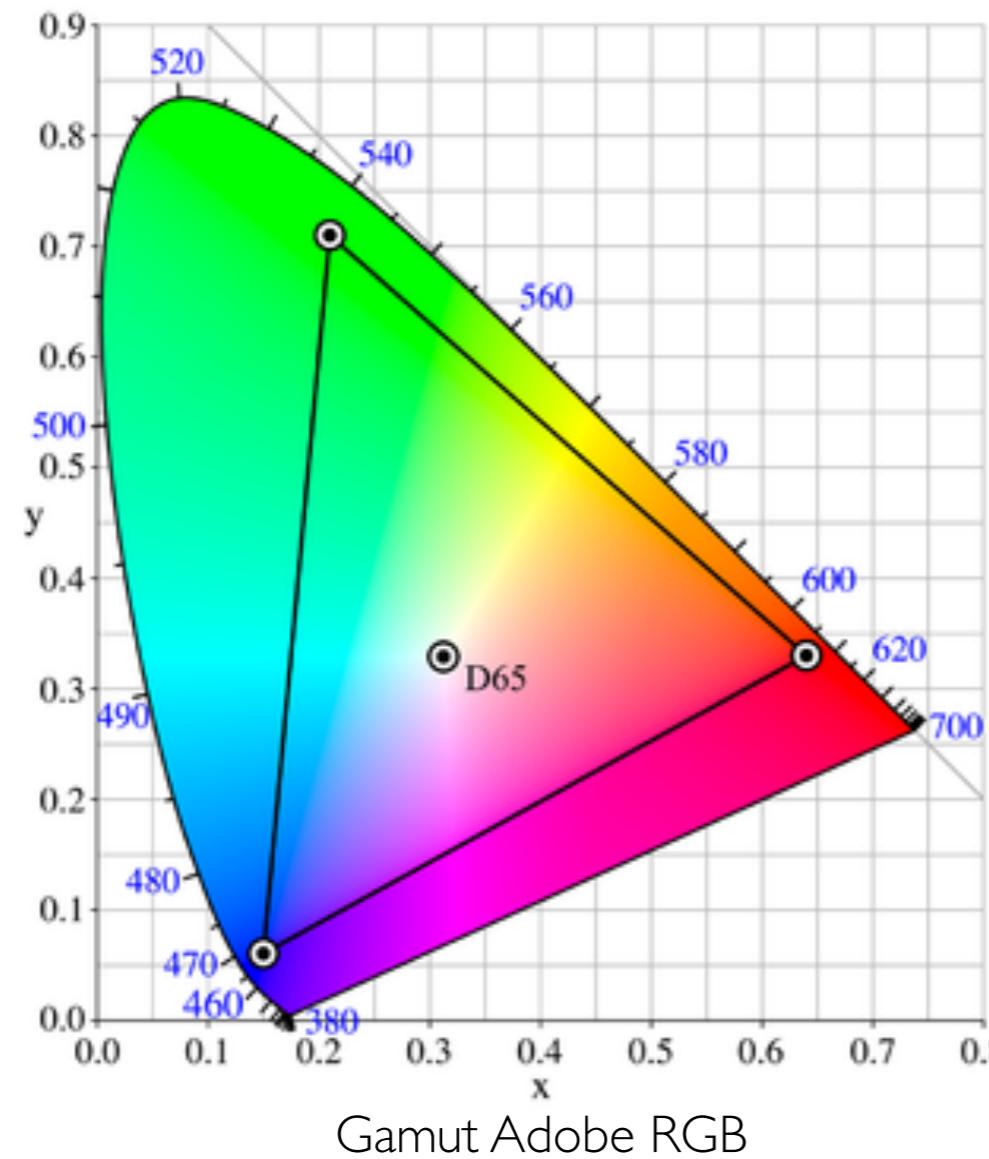
► Gamut sRGB

- Para que los dispositivos (cámaras, scaners, impresoras, monitores) cumplan un estándar en cuanto al color utilizado, en 1996, Hewlett-Packard y Microsoft presentaron el modelo sRGB.



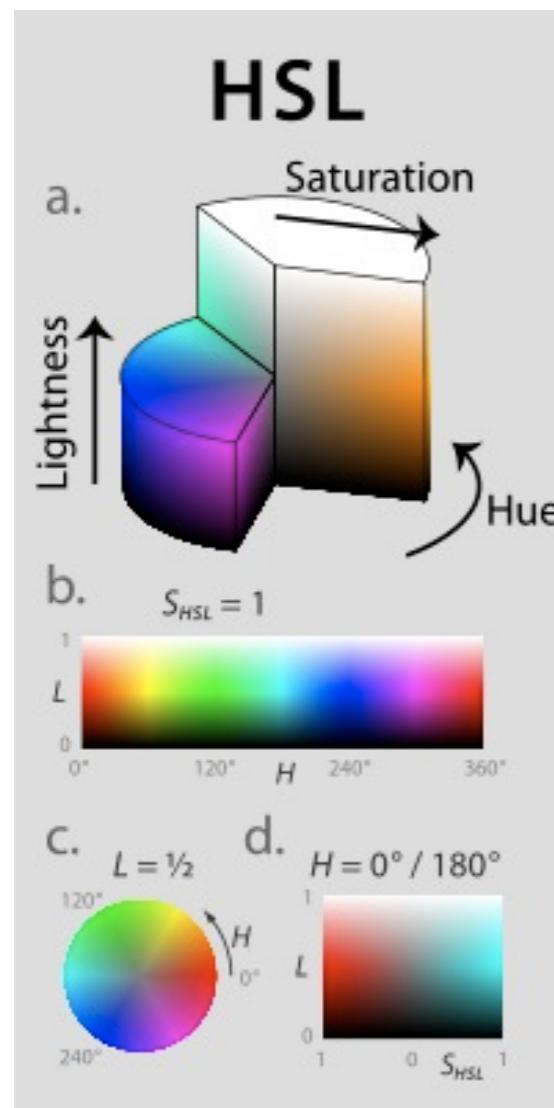
▶ Gamut Adobe RGB

- Debido a la limitada capacidad de colores del sistema sRGB, la empresa Adobe presentó en 1998 un gamut más amplio, permitiendo mejorar la calidad de las impresiones CMYK.



▶ HSV y HSL

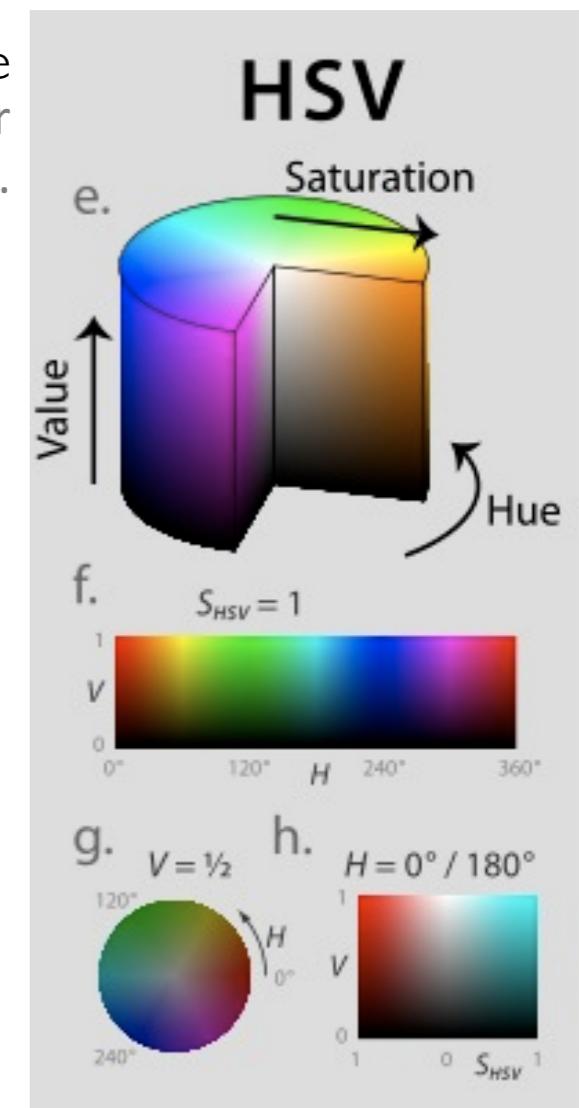
- Los modelos de color HSV y HSL corresponden a una representación en coordenadas cilíndricas del modelo de color RGB. A diferencia de los modelos perceptuales XYZ, estos dos modelos no relacionan la complejidad de la apariencia del color



HSL: Hue-Saturation-Lightness
Fue desarrollado por la
empresa Textronik en 1979.

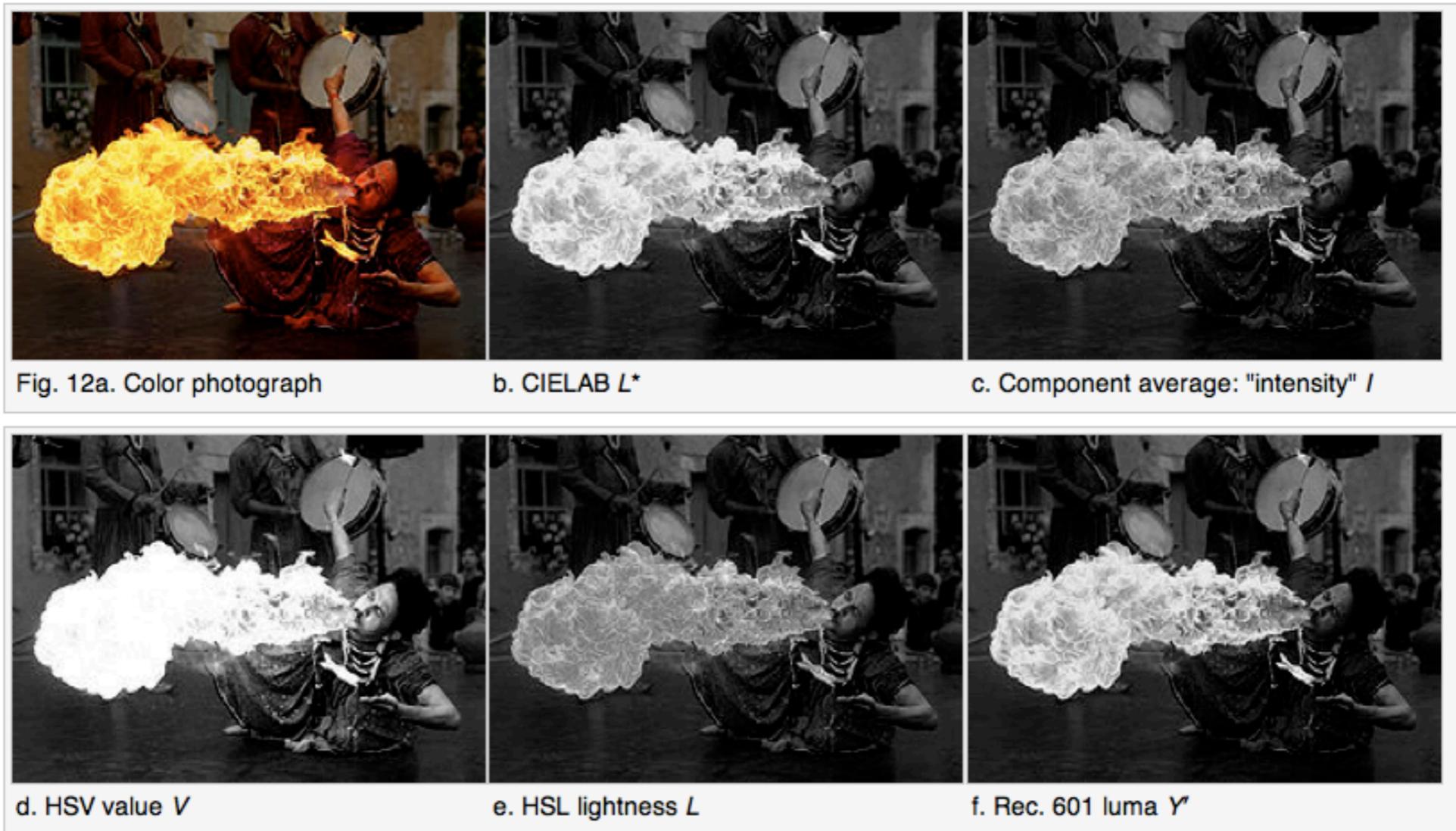
HSV: Hue-Saturation-Value
Fue desarrollado en 1978 por
Alvy Ray Smith en Xerox.

En ambos modelos, el ángulo
alrededor del eje vertical
corresponde al color (hue)



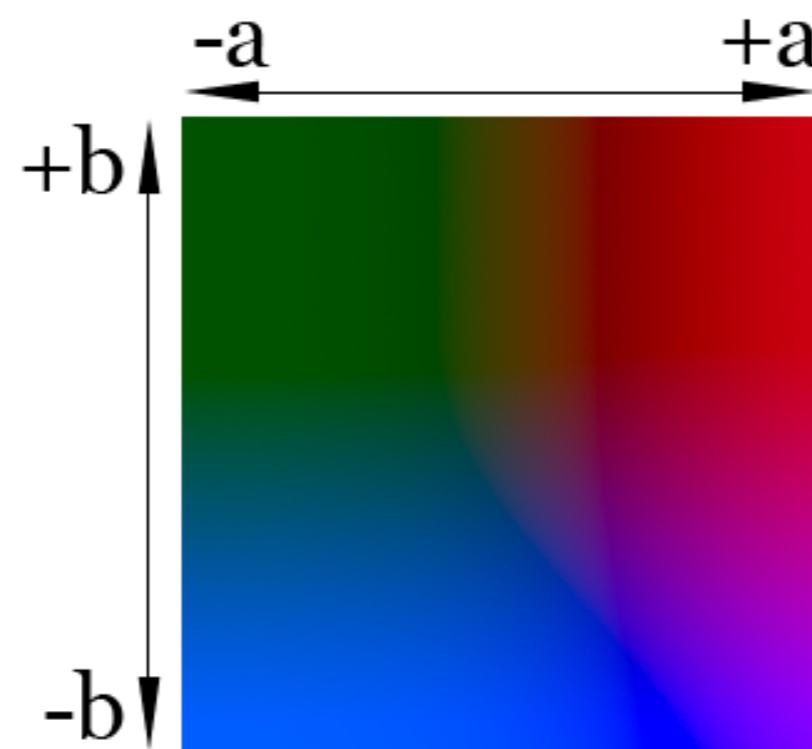
▶ Ventajas

- Los modelos de color HSL y HSV son muy utilizados en algoritmos de visión por computador y procesamiento de imágenes. Esto se debe a que dichas transformaciones permiten separar en otra forma las relaciones presentes en el modelo RGB

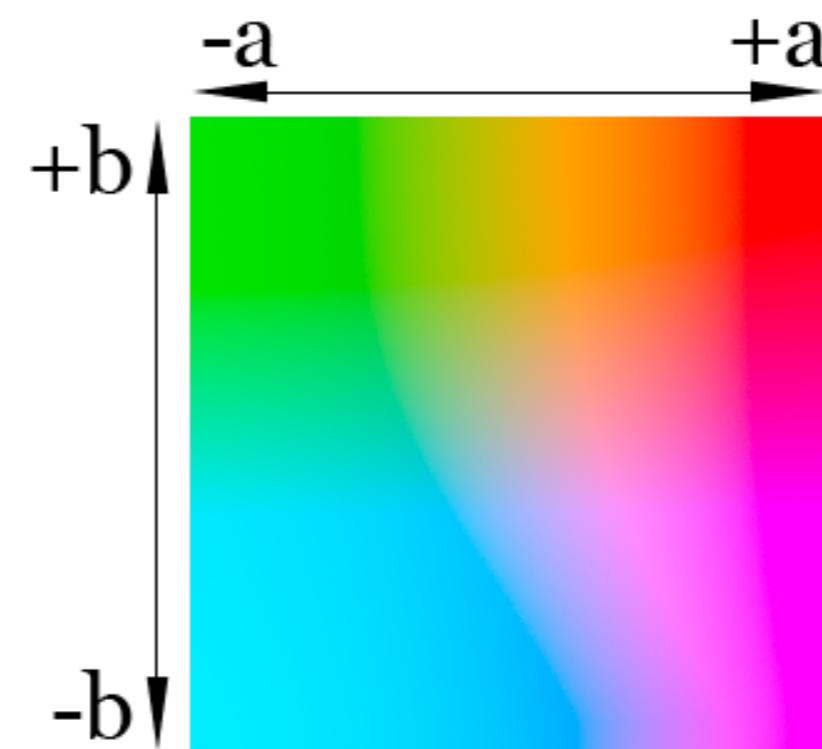


▶ CIE L*a*b

- El mayor problema del espacio CIE XYZ es que la distribución de colores no es perceptualmente uniforme. Por ello, la CIE presentó en 1976 un nuevo estándar conocido como CIE L*a*b.
- L es la luminancia ($L=0$ negro) ($L=100$ blanco). Los valores a y b pueden ir desde -100 a +100



Illuminancia al 25%



Illuminancia al 75%

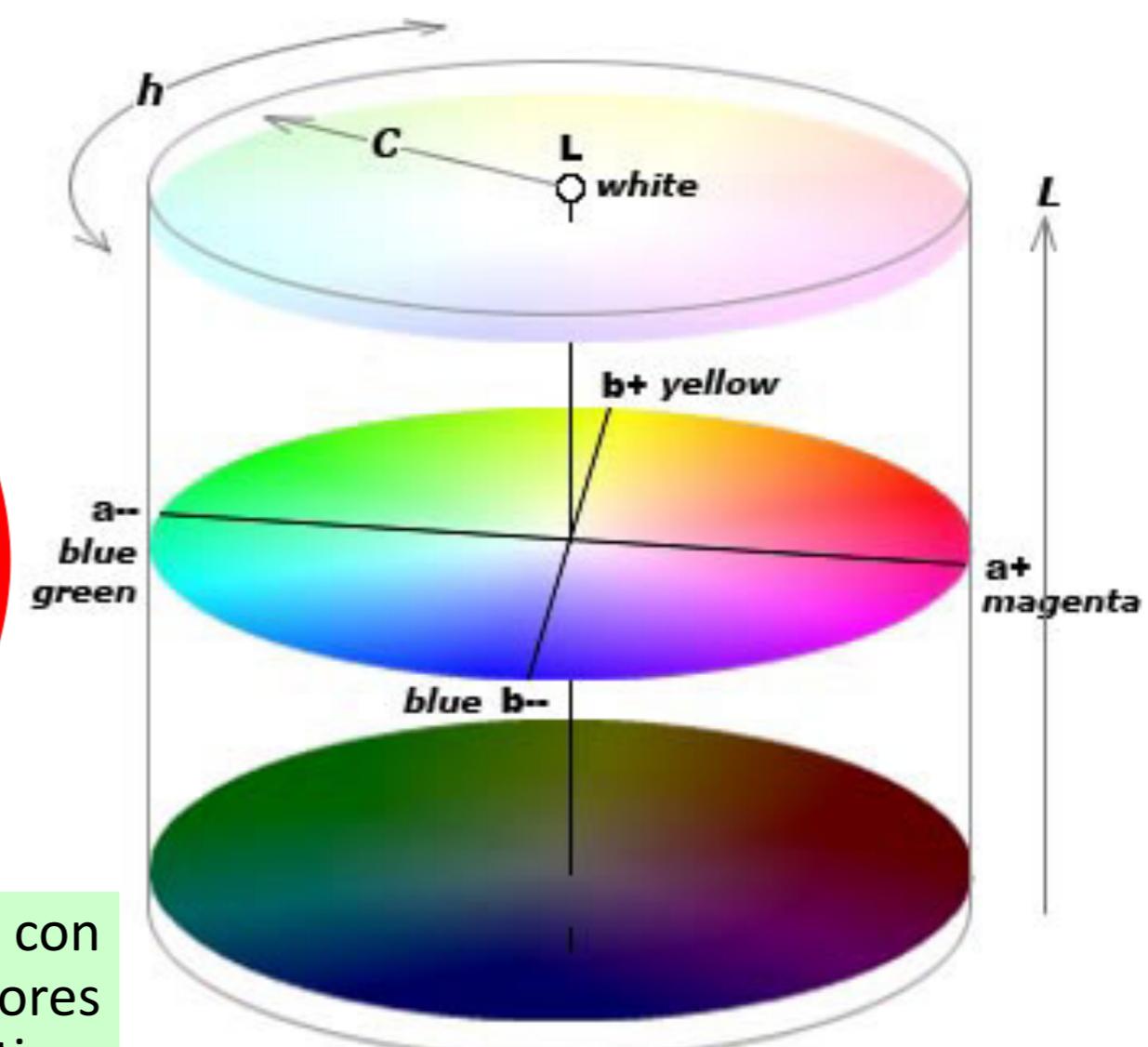
▶ CIE L*a*b

- El mayor problema del espacio CIE XYZ es que la distribución de colores no es perceptualmente uniforme. Por ello, la CIE presentó en 1976 un nuevo estándar conocido como CIE L*a*b*.

- Los colores **a*** y **b*** son correspondientes con la regla de los colores opuestos



Esta teoría es correspondiente con la distribución de los receptores (conos) en la retina.



Espacio de color CIE LAB

▶ CIE L*a*b

- El mayor problema del espacio CIE XYZ es el limitado salto entre un color y otro ya que la diferencia no es lineal. Por ello, la CIE presentó en 1976 un nuevo estándar conocido como CIE L*a*b

$$L = 116 \cdot (Y/Y_0)^{1/3} - 16$$

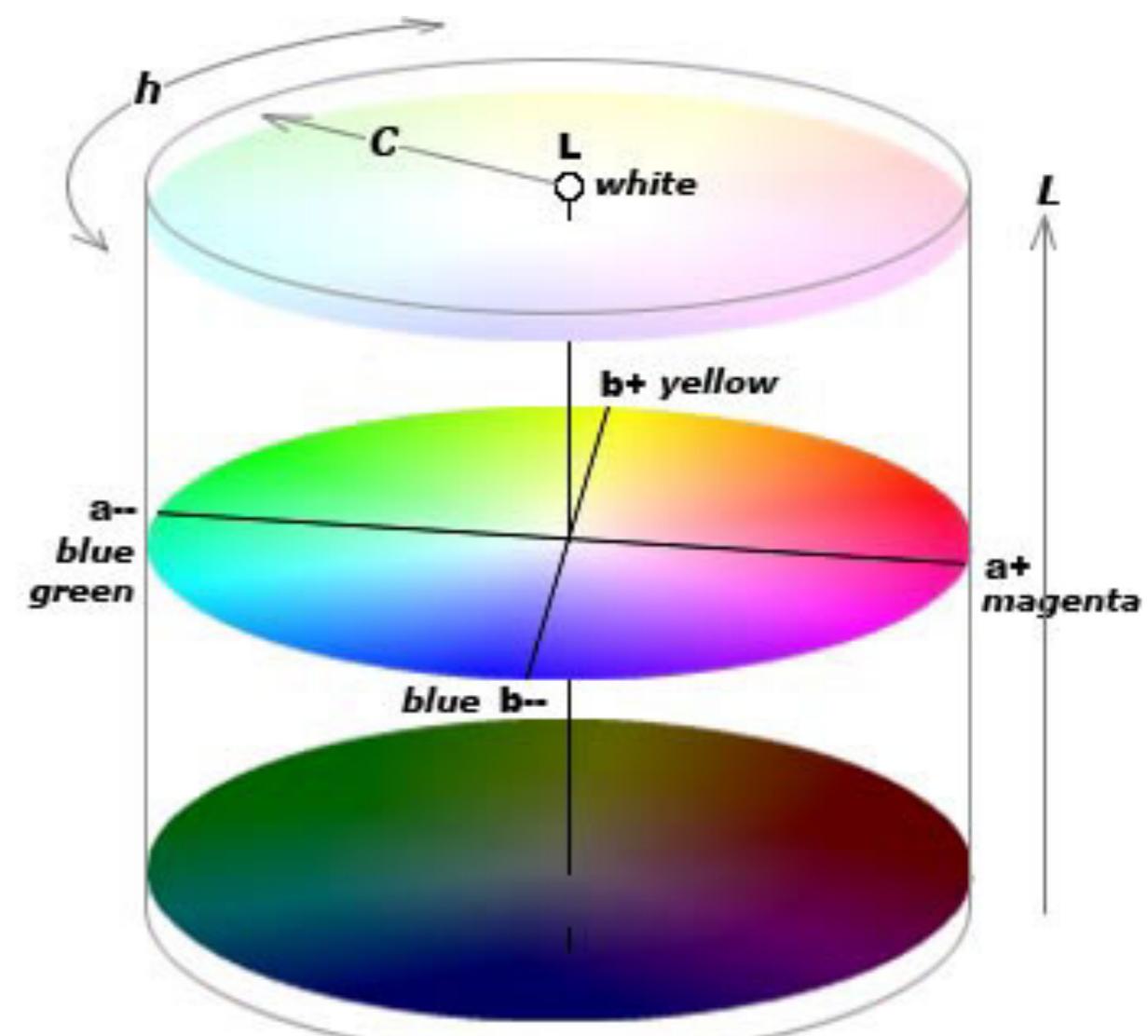
$$a = 500 \left[(X - X_0)^{1/3} - (Y - Y_0)^{1/3} \right]$$

$$b = 200 \left[(Y - Y_0)^{1/3} - (Z - Z_0)^{1/3} \right]$$

$$C = \sqrt{(a^2 + b^2)}$$
Croma

$$h = \tan^{-1} \left(\frac{b}{a} \right)$$
Saturación

- $X_0 Y_0 Z_0$ es un valor de referencia del blanco.



Espacio de color CIE LAB

▶ CIE L*a*b

- Existen distintas versiones para la conversión. Una de ellas se muestra a continuación

```
var_X = X / ref_X          //ref_X = 95.047
var_Y = Y / ref_Y          //ref_Y = 100.000
var_Z = Z / ref_Z          //ref_Z = 108.883

if ( var_X > 0.008856 ) var_X = var_X ^ ( 1/3 )
else                      var_X = ( 7.787 * var_X ) + ( 16 / 116 )

if ( var_Y > 0.008856 ) var_Y = var_Y ^ ( 1/3 )
else                      var_Y = ( 7.787 * var_Y ) + ( 16 / 116 )

if ( var_Z > 0.008856 ) var_Z = var_Z ^ ( 1/3 )
else                      var_Z = ( 7.787 * var_Z ) + ( 16 / 116 )

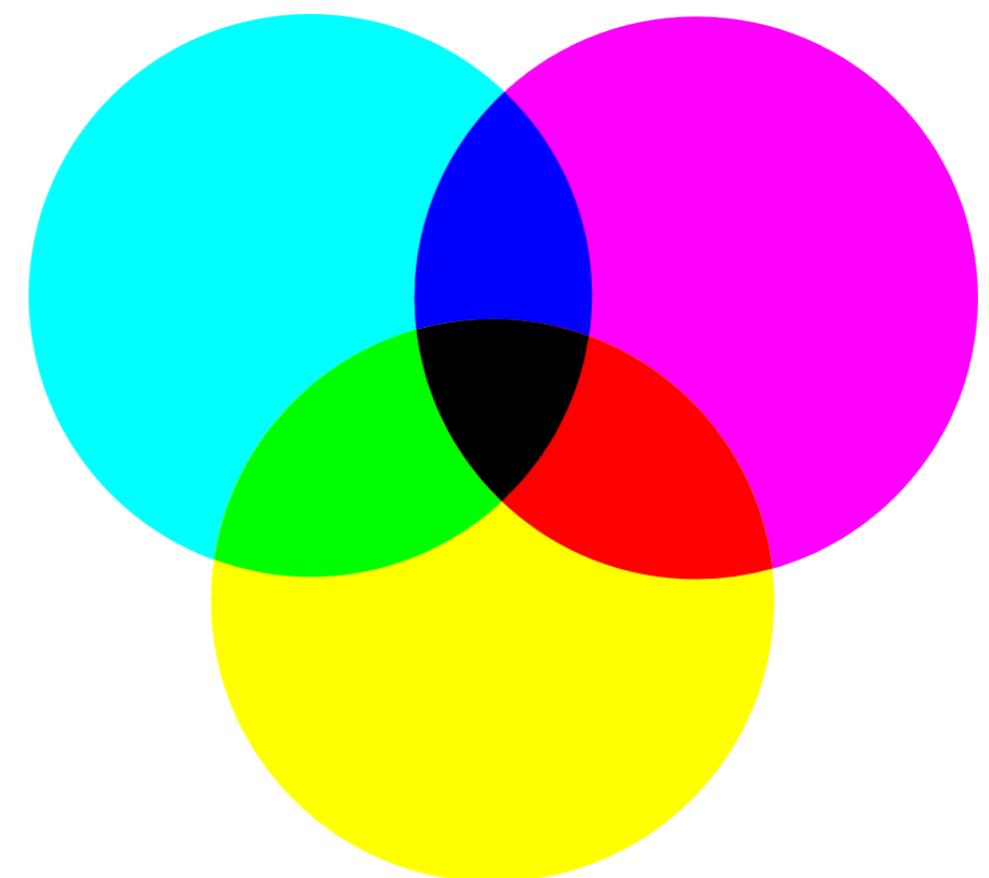
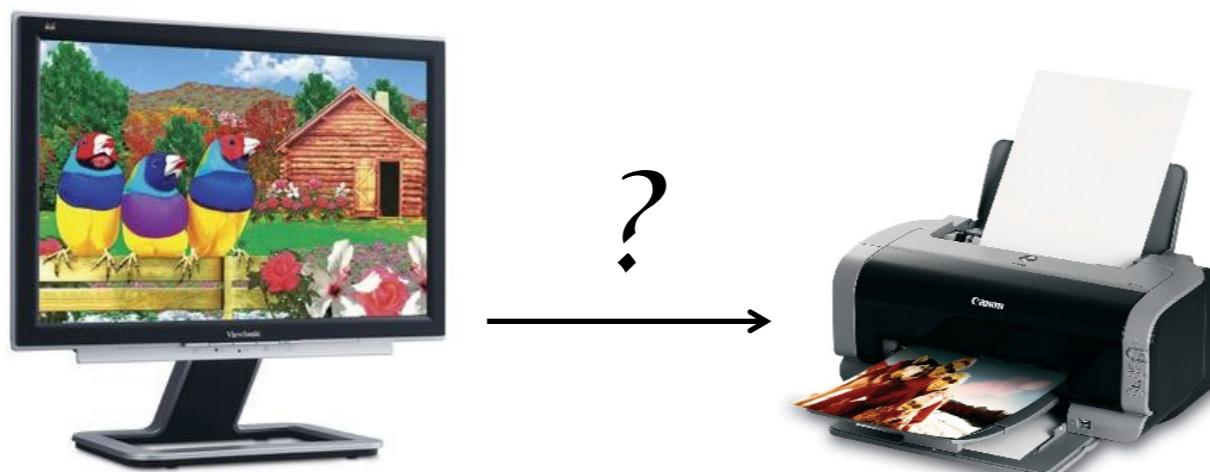
CIE-L* = ( 116 * var_Y ) - 16
CIE-a* = 500 * ( var_X - var_Y )
CIE-b* = 200 * ( var_Y - var_Z )
```

Algoritmo de conversión CIE LAB de XYZ



▶ Impresión (CMYK) / Visualización (RGB)

- Normalmente los dispositivos de impresión presentan una gama de colores distinta a los monitores o cámaras digitales. Esto se debe a que la tinta impresa presenta un modelo de color subtractivo.
- El problema consiste en ¿cómo imprimir una imagen de un monitor a una impresora sin perder calidad?

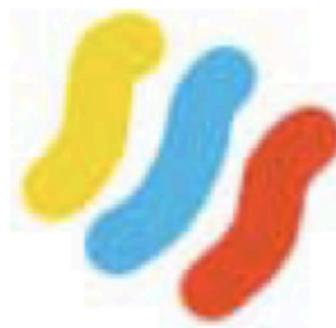


Colores primarios CMYK
Cyan-Magenta-Amarillo-Negro

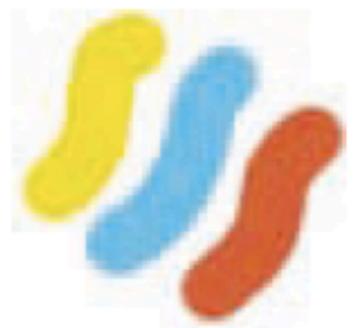
▶ Impresión (CMYK) / Visualización (RGB)

- No existe una forma única de cambiar los colores ya que cada modelo posee su propia espacio de color Gamut. Esto significa que con algoritmos distintos obtendremos diferentes impresiones.

Durante el proceso de conversión, existen colores en la paleta RGB que no están presentes en la CMYK. Para ello, estos colores deben ser convertidos a través de algoritmos de conversión.



rgb colors
(what you see on screen)



cmyk colors
(printing inks will do this)



rgb colors
(what you see on screen)



cmyk colors
(printing inks will do this)

- ▶ Ejemplo del proceso de separación en canales CMYK



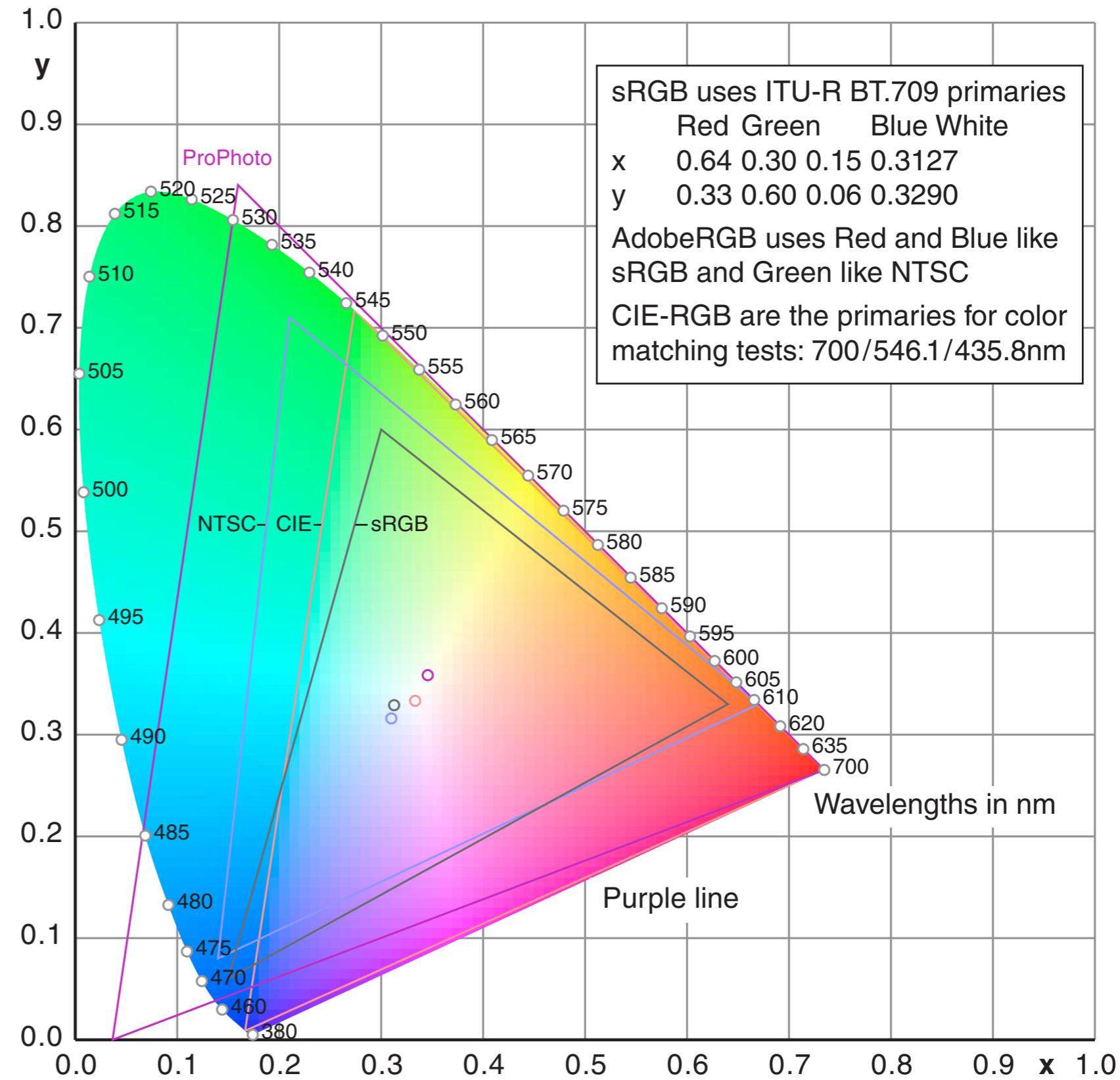
Algunas impresoras simulan el negro al unir los canales CMY. Esto genera una menor calidad de imagen

CMY

CMY+K

▶ Gamut

Los triángulos de color que muestra la paleta de colores corresponde a la gama (gamut) que muestra dicho sistema.



- ▶ Procesamiento de imágenes
- ▶ Modelos del color
- ▶ Señales de video



▶ Definición

- Luminancia: es la densidad angular y superficial de flujo luminoso que incide, atraviesa o emerge de una superficie siguiendo una dirección determinada.



- En una transmisión de video, la luminancia es la componente que codifica la luminosidad de la imagen
- El **brillo** es la medida subjetiva de la luminancia.

- Los sistemas NTSC y PAL, transmiten tres señales: Luminancia, y dos señales de diferencia de color (crominancia)



▶ Definición

- Luminancia: es la densidad angular y superficial de flujo luminoso que incide, atraviesa o emerge de una superficie siguiendo una dirección determinada.



- Para mantener compatibilidad con televisores en blanco y negro, la luminancia (Y) se determina como:

Canal I

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

Luminancia o Luma

▶ Definición

- Crominancia: corresponde a las señales de un sistema de video que codifican el color.



- Dado que las longitudes onda de menor longitud son menos visibles por el ser humano, basta con enviar la diferencia de dos canales (Azul y Rojo) ya que estos son menos percibidos.

Canal 1

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

Canal 2

$$U = B - Y$$

Canal 3

$$V = R - Y$$

Crominancia

▶ Definición

- Crominancia: corresponde a las señales de un sistema de video que codifican el color.



- La idea de enviar tres canales provino de George Valensi en 1938 quien patentó la idea de enviar la luminancia y la crominancia por canales separados.

Canal 1

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

Canal 2

$$U = B - Y$$

Canal 3

$$V = R - Y$$

Crominancia

▶ YUV

- Es un espacio de color empleado en señales analógicas que codifica las transmisiones de las señales PAL y NTSC.

$$Y = 0.299R + 0.587G + 0.144B$$

$$U = -0.147R + 0.289G + 0.436B$$

$$V = 0.615R + -0.515G - 0.100B$$

- La transformada inversa corresponde a

$$R = Y + 1.140V$$

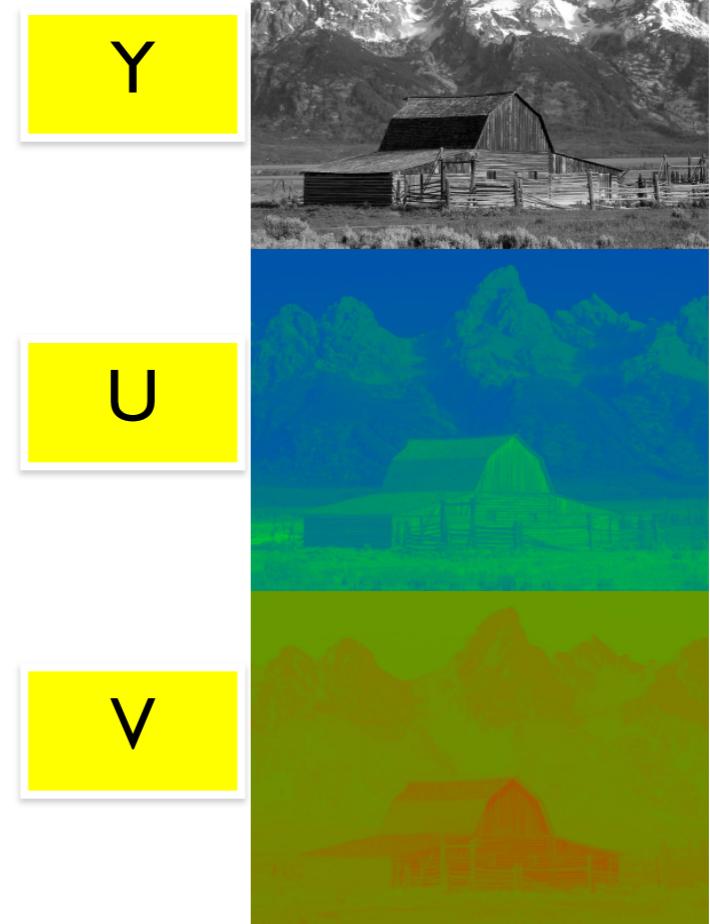
$$G = Y - 0.395U - 0.581V$$

$$B = Y + 2.032U$$

Los valores de las señales corresponden a:

R/G/B [0,...,1] Y [0,...1]

U: [-0.436,...,+0.436] V:[-0.615,...,+0.615]



▶ YPbPr

- Como vimos anteriormente, los sistemas de video utilizan un canal para enviar la luminancia (Y) y dos canales que codifican la diferencia de color. En el formato YPbPr es únicos corresponden a la diferencia de azul croma (Pb) y la diferencia rojo croma (Pr)

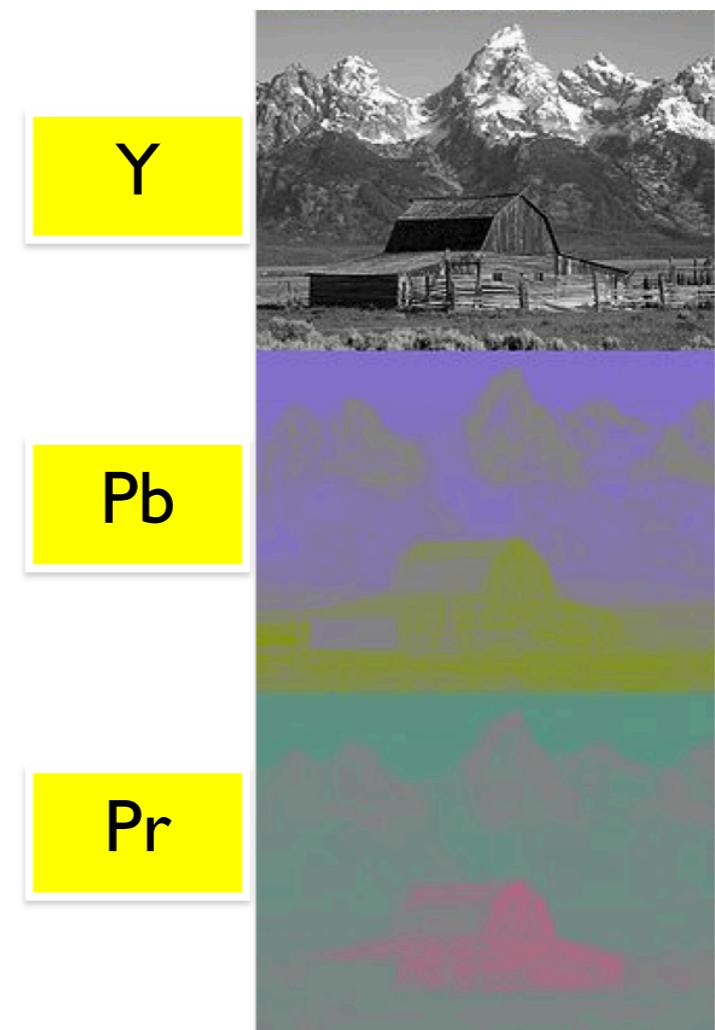
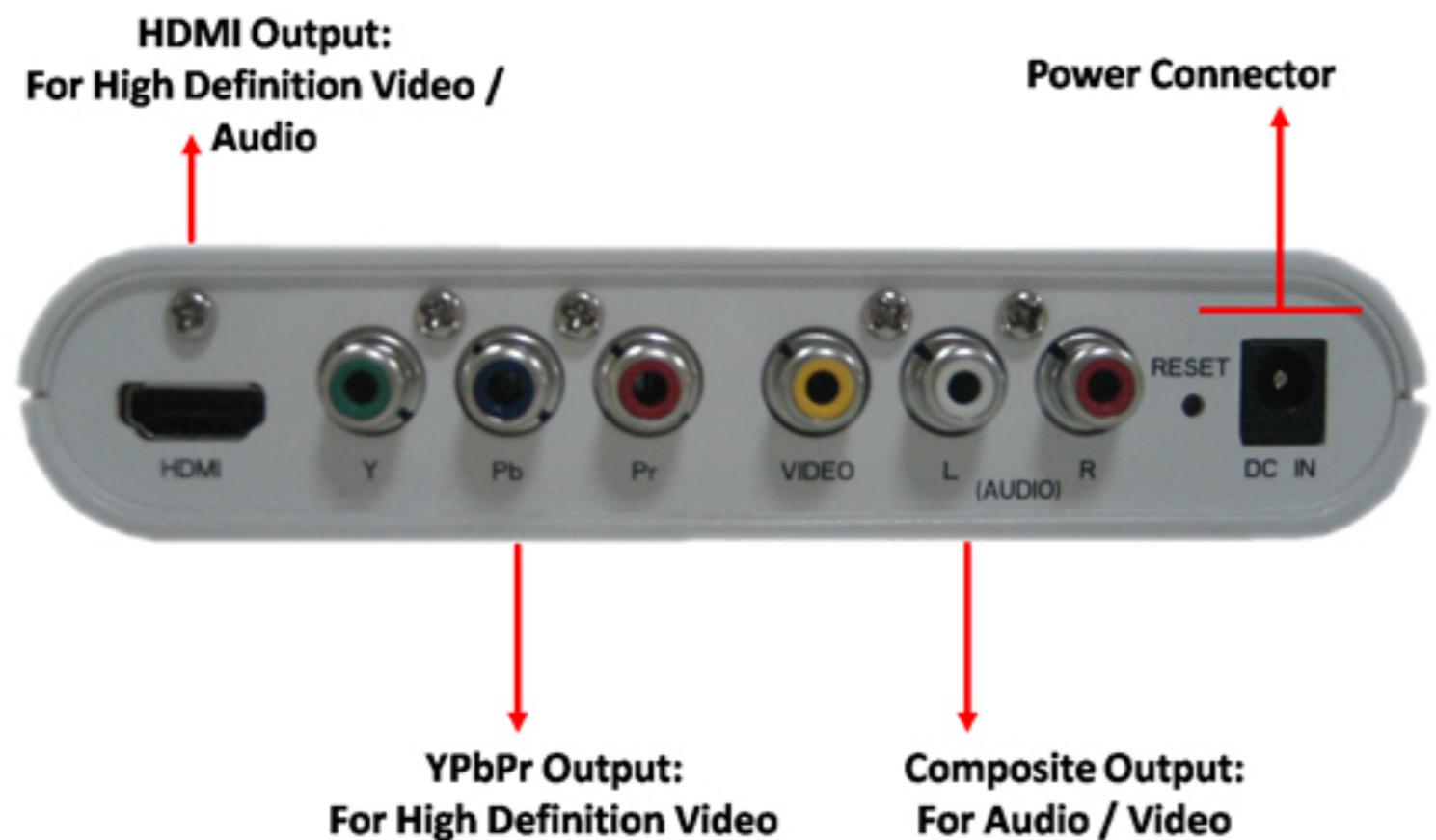


Es importante recalcar que en nuestro sistema visual tiene más relevancia la **Iluminancia** que el color, por ello muchos sistemas otorgan más información al canal Y



▶ YPbPr

- Debido a la necesidad de contar con un estándar de video digital, la ITU-R crea la norma BT.601 que codifica las transmisiones de video.



▶ YPbPr

- Las señales YPbPr utilizan el mismo mapa de colores de la señal RGB y corresponde a la versión análoga de YCbCr.

$$Y = K_R \cdot R' + (1 - K_R - K_B) \cdot G' + K_B \cdot B'$$

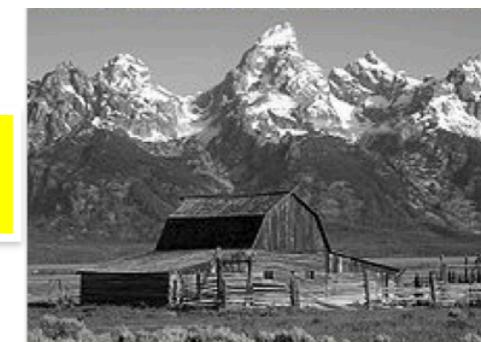
$$P_B = \frac{1}{2} \cdot \frac{B' - Y'}{1 - K_B}$$

$$P_R = \frac{1}{2} \cdot \frac{R' - Y'}{1 - K_R}$$

$$K_R = 0.229$$

$$K_B = 0.114$$

Se denota como $Y P_B P_R$ la señal análoga de $Y C_B C_R$ ya que ésta debe ser escalada y desplazada para ser convertida en una señal digital



▶ YPbPr

- Reemplazando los valores de KR y KB en la ecuación anterior queda:

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

$$P_B = -0.169R - 0.331G + 0.5B$$

$$P_R = 0.500R - 0.419G - 0.081B$$

- La transformada inversa corresponde a

$$R = Y + 1.402P_B$$

$$G = Y - 0.344P_B - 0.714P_R$$

$$B = Y + 1.772P_B$$

Los valores de las señales corresponden a
R/G/B [0,...,255] Y [0,...,255]
Pb/Pr[-127.5,...,+127.5]

Y

Pb

Pr



▶ YCbCr

- La codificación YCbCr es un estándar de muchos formatos digitales (MiniDV, DV, etc). Esta permite codificar digitalmente las componentes de Iluminancia y Crominancia.



Y

Cb

Cr



La mayor ventaja de este tipo de señal, es que los canales de crominancia pueden ser comprimidos a través de subsampling.

► YCbCr (RGB de 8 bits)

- La codificación YCbCr es un estándar de muchos formatos digitales (MiniDV, DV, etc). Esta permite codificar digitalmente las componentes de Iluminancia y Crominancia.

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

$$C_B = 128 - 0.169R - 0.331G + 0.5B$$

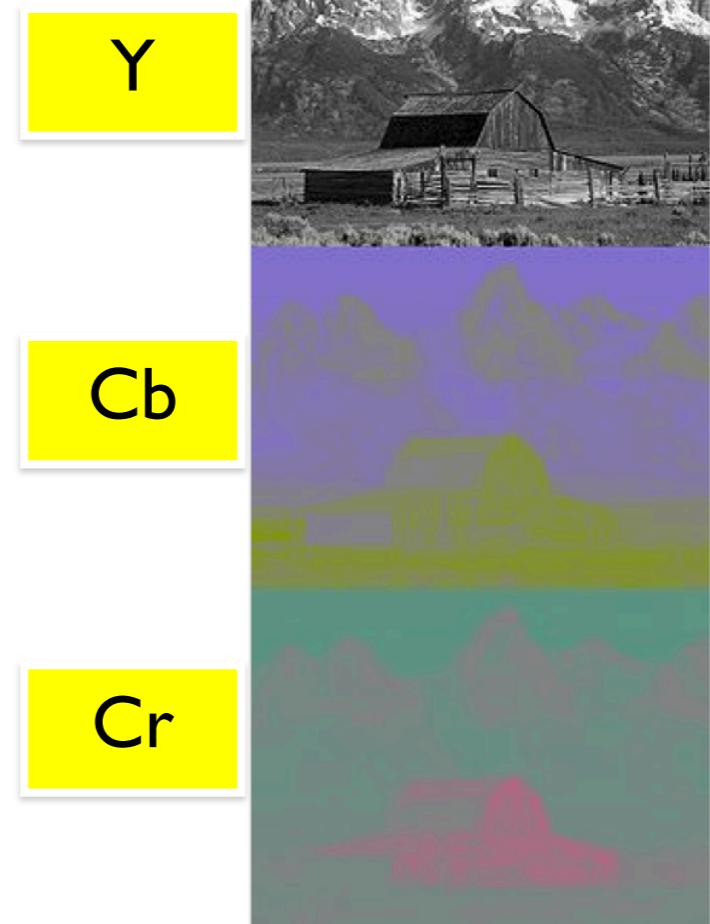
$$C_R = 128 + 0.500R - 0.419G - 0.081B$$

- La transformada inversa corresponde a

$$R = Y + 1.400 \cdot (C_R - 128)$$

$$G = Y - 0.344 \cdot (C_B - 128) - 0.711 \cdot (C_R - 128)$$

$$B = Y + 1.765 \cdot (C_B - 128)$$



Los valores de las señales corresponden a
R/G/B [0,...,255] Y/Cb/Cr [0,...,255]

► Resumen

- Debido a que la señal RGB posee más información necesaria para una transmisión es conveniente enviarla a través de las componentes de Iluminancia y Crominancia, siendo la Iluminancia la que posee mayor cantidad de información.
- Hemos revisado tres tipos de codificación de señales de video YUV, YPbPr y YCbCr. Éstas corresponden a la forma de Iluminancia y color de una transmisión de video análoga o digital.

	YUV	YPbPr	YCbCr <small>(RGB 8Bits)</small>
Señal	Análoga (PAL)	Análoga de YCbCr	Digital
Cables	Tres	Tres	Uno (SDI o Firewire)
Rango Y	0 a 1	0 a 255	0 a 255
Rango U/Pb/Cb	-0.436 a + 0.436	-127.5 a +127.5	0 a 255
Rango V/Pr/Cr	-0.615 a +0.615	-127.5 a +127.5	0 a 255



- Croma submuestreo (Chroma Subsampling)
 - Una técnica para reducir el ancho de banda es submuestrear las señales croma, tomando ventaja de nuestra menor capacidad para percibir las diferencias de color.



4:1:1



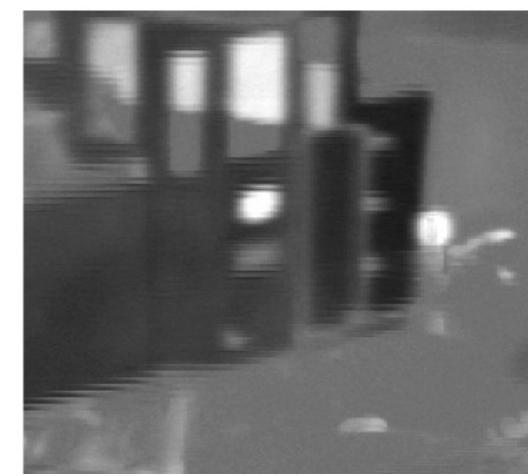
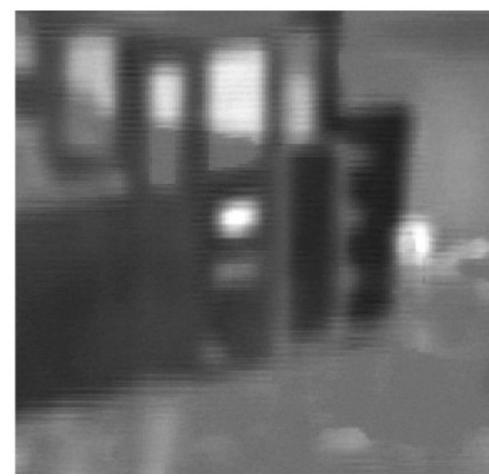
4:2:0



4:2:2



4:4:4



Menor

ancho de banda

→ Mayor

- Croma submuestreo (Chroma Subsampling)
 - El submuestreo se realiza según el ancho de banda que requiramos. Algunos fabricantes de video y estándar de imágenes (Mpeg, Jpeg) ocupan submuestreos específicos.



- El submuestreo es comúnmente expresado con tres radios J: a: b que corresponden a:

- J: Región Horizontal de referencia (usualmente de 4)
- a: número de crominancias en la **primera** fila
- b: número de crominancias adicionales en la **segunda** fila

