

Tema 1: Transformaciones de intensidad y filtrado espacial

1.1. Introducción. Modelos de color

1.2. Transformaciones punto a punto

1.3. Transformaciones globales. Modificación del histograma

1.4. Transformaciones locales. Filtrado espacial

Tema 1: Transformaciones de intensidad y filtrado espacial

1.1. Introducción. Modelos de color

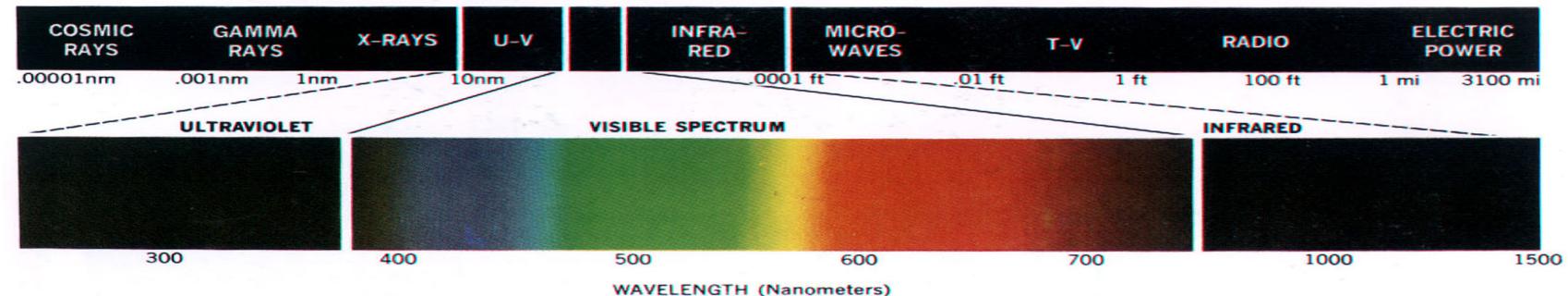
- Imagen como representación de una escena. Modelo de imagen
- Esquema general de un sistema de tratamiento de imagen.

Terminología

- Algunas aplicaciones del TDI
- El Sistema Visual Humano (SVH)
- La imagen digital. Planos de bit. Histograma
- Color. Modelos de color

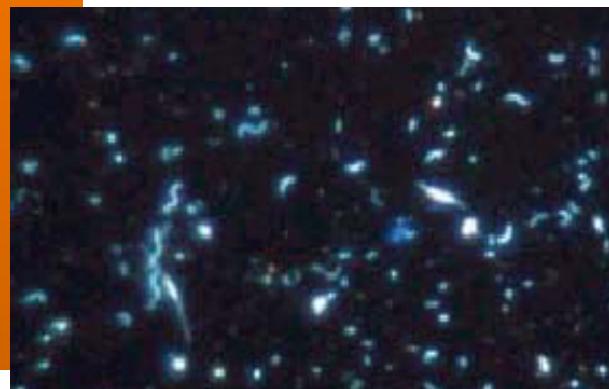
Imagen como representación de una escena (I)

- Una imagen es una de las posibles percepciones (representación visual) de un aspecto de la realidad.
- Las imágenes se representan por la captura de radiación electromagnética en ciertos rangos de longitud de onda (λ). El ojo humano y las cámaras ópticas son sensibles a la luz visible.



La luz es una radiación electromagnética. Luz visible: λ de 350nm a 780nm

Microbios observados con un microscopio de luz UV



Fotografía a color verdadero (true color; en espectro visible)



Termografía (IR) de una casa

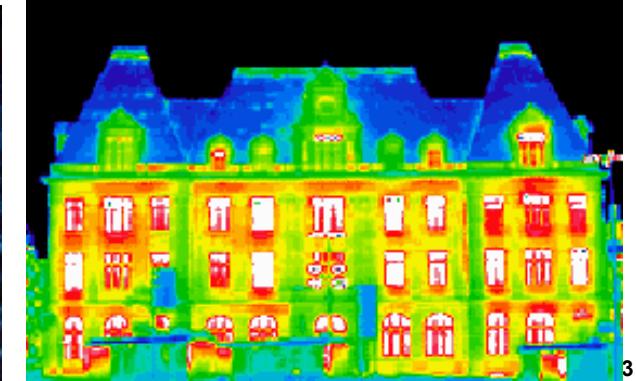
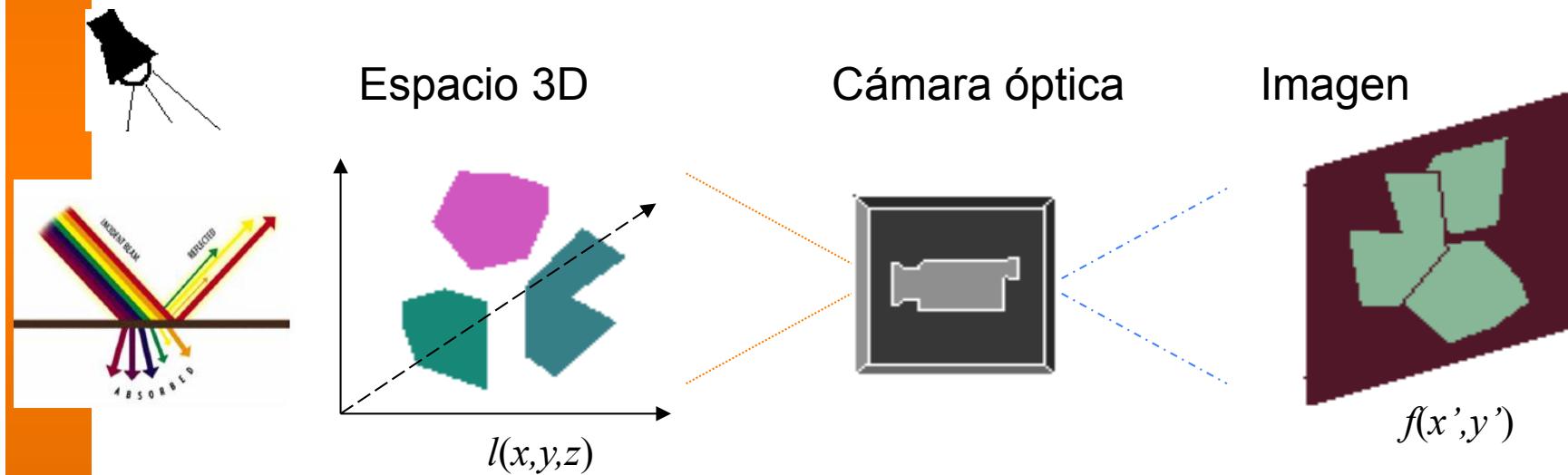


Imagen como representación de una escena (II)

La representación de una escena es distinta si utilizamos una cámara de infrarrojos o una cámara óptica.

Representación visual de un determinada escena



Los objetos:

- son entes individuales en un espacio tridimensional.
- pueden caracterizarse por su geometría (forma), textura, color, ...

La cámara realiza la proyección de la escena a un espacio 2D (plano de imagen). Por tanto, una imagen es una representación bidimensional.

Es necesario un proceso de segmentación para determinar los objetos en el plano de imagen.

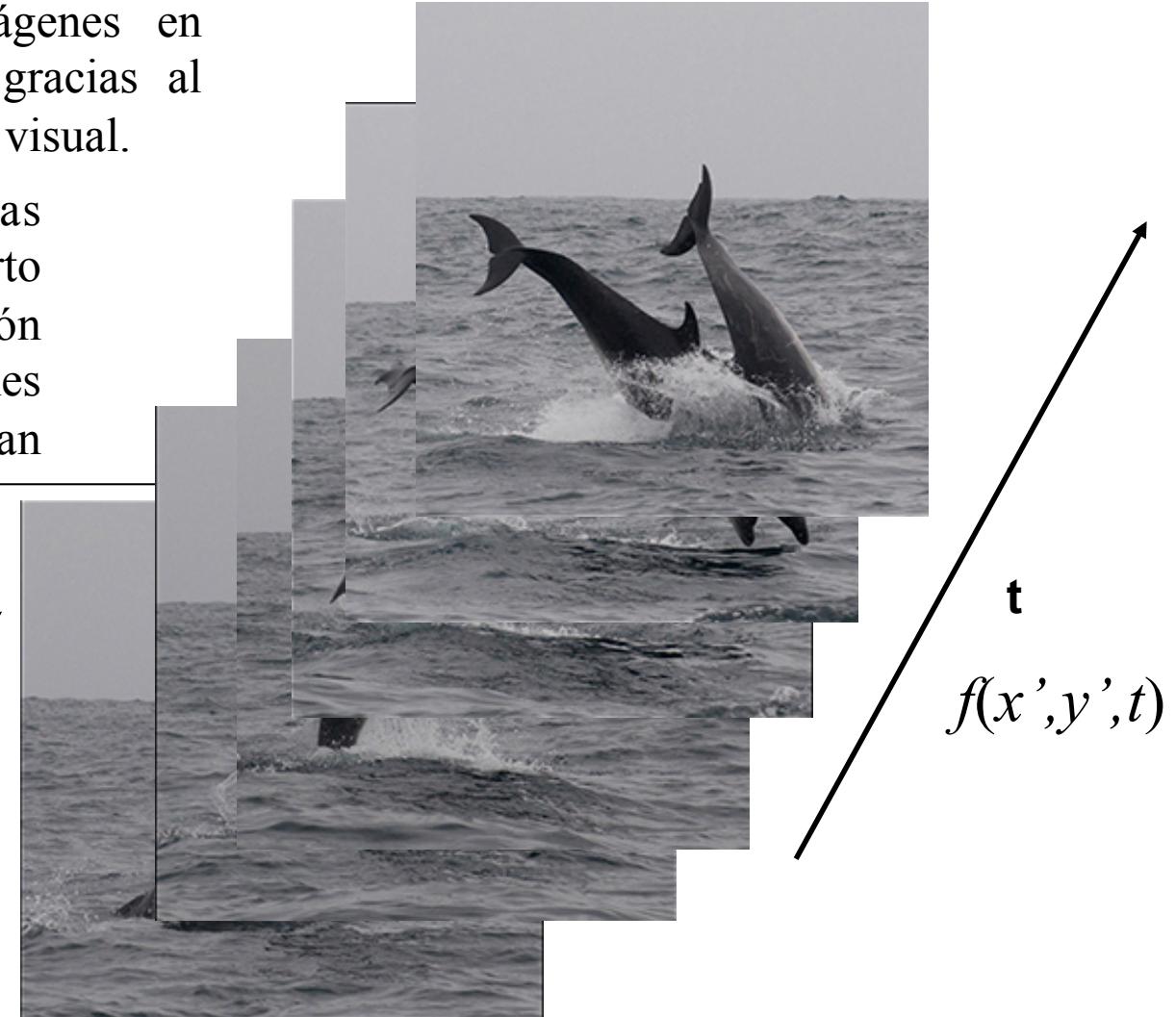
Sensación de movimiento

Sensación de movimiento

La observación de imágenes en movimiento es posible gracias al fenómeno de persistencia visual.

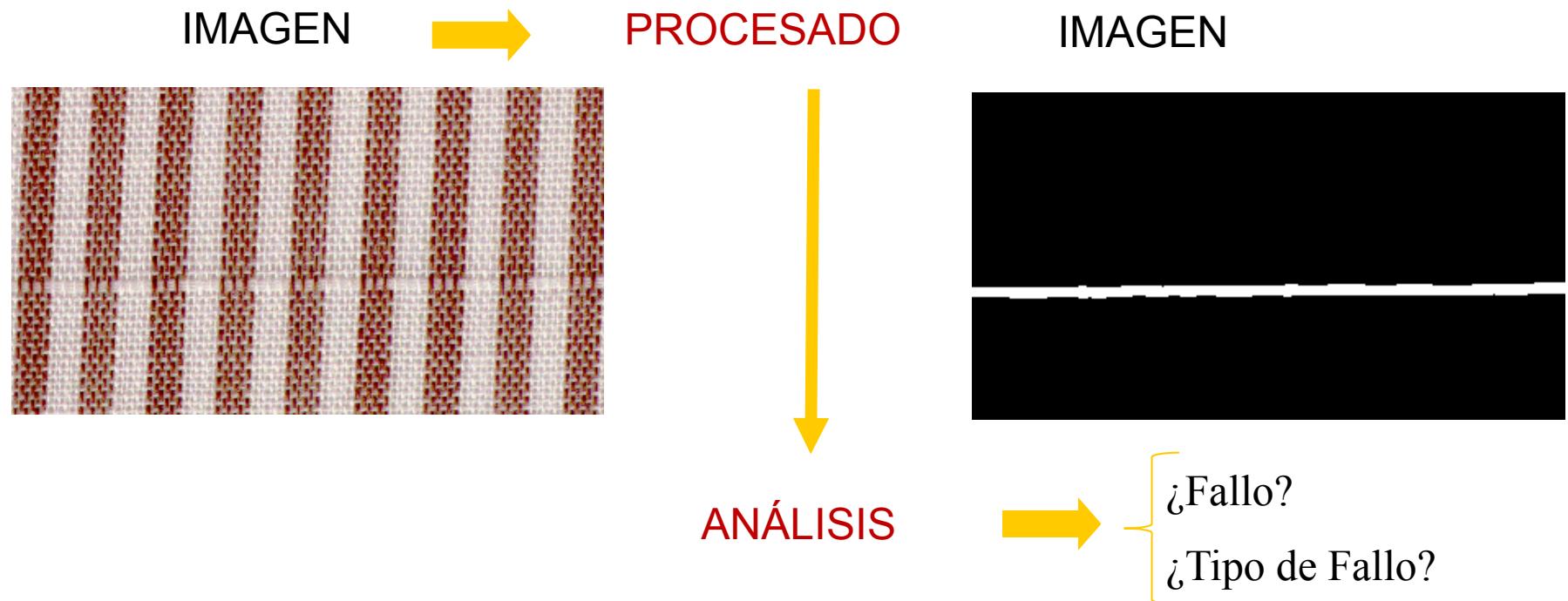
La retina mantiene las imágenes durante un cierto tiempo. Existe sensación de movimiento si imágenes “parecidas” se presentan muy rápidamente.

$f(x',y')$ para imagen estática



Terminología

Ejemplo relacionado con inspección industrial para detectar irregularidades en tejidos (producidas por fallos en el sistema de producción)



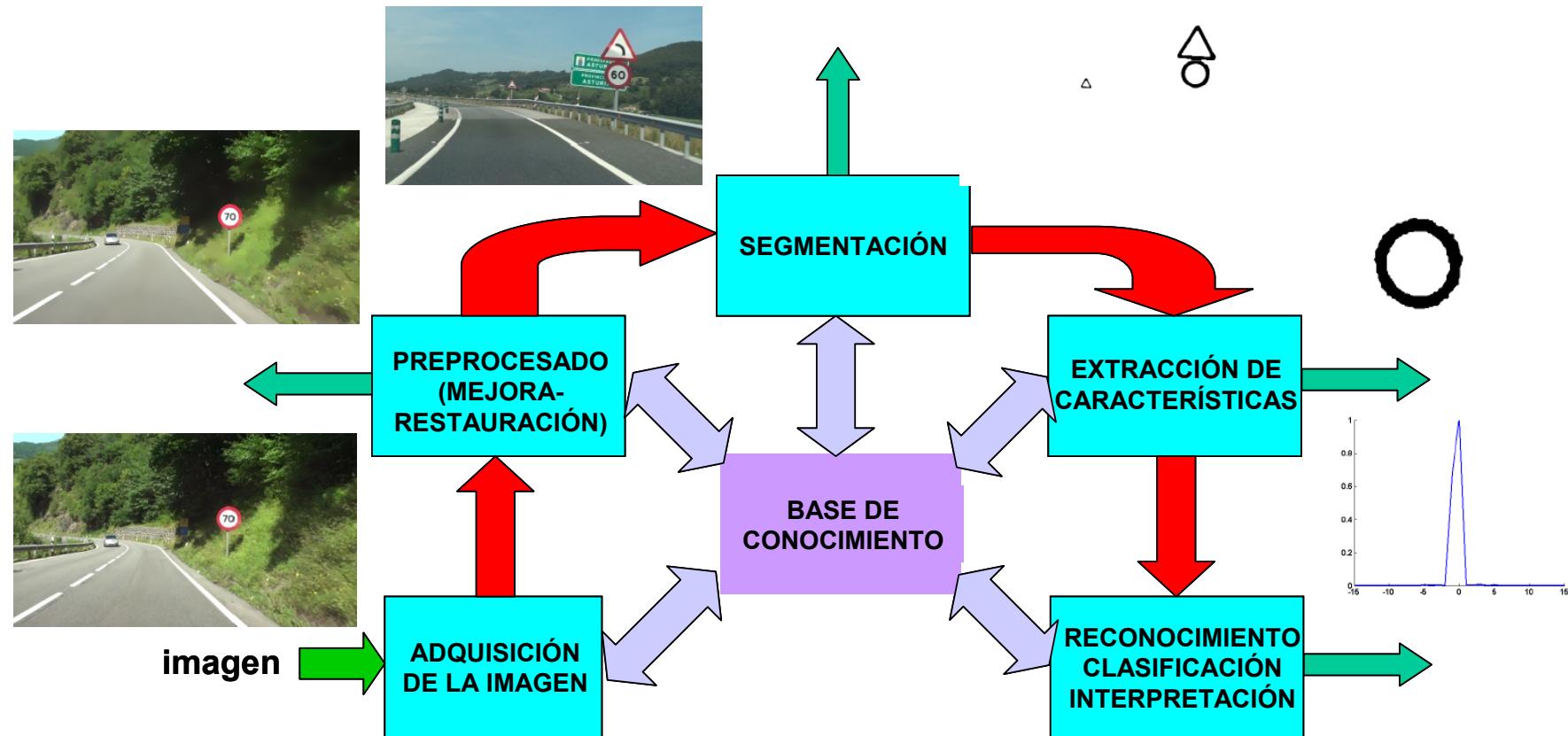
El tratamiento de imagen incluye procesado y análisis. En general, el objetivo del procesado de imagen es facilitar la tarea de análisis.

De manera general, la resolución de un problema utilizando técnicas de tratamiento de imagen se caracteriza por soluciones **específicas**. Así, **técnicas que funcionan bien con un determinado tipo de imagen, pueden ser totalmente inadecuadas en otra**. La solución de un problema específico necesita un esfuerzo en investigación y desarrollo.

Esquema general de un sistema de TDI

Esquema general de un sistema de análisis de imagen

El análisis de imagen conlleva una transformación de la imagen con el fin de describirla (p.e., para recoger información cuantitativa de los elementos que componen la imagen y tomar una decisión)





Aplicaciones

El tratamiento digital de imágenes se usa para abordar problemas muy diversos.

- Realce de imágenes, eliminación de ruido, restauración,
- Automatización de la conducción
- Reconocimiento de objetos en imágenes y secuencias de vídeo
-

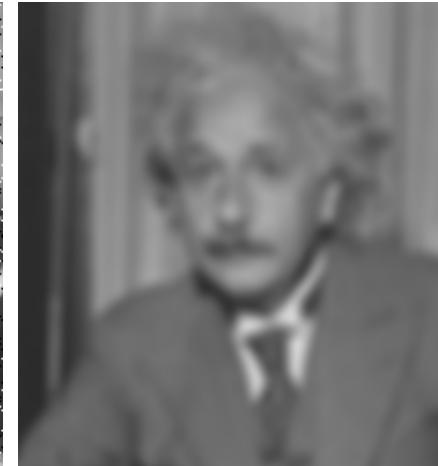
Algunas aplicaciones del TDI (I)



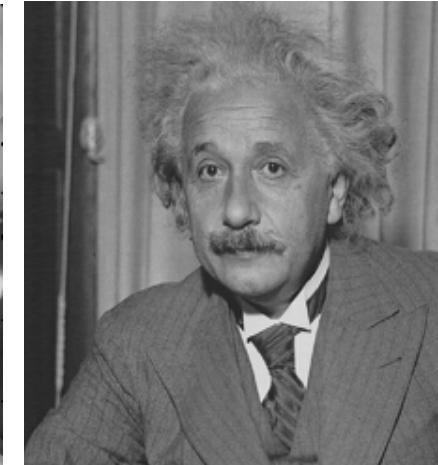
Realce



Reducción de ruido



Restauración de imágenes

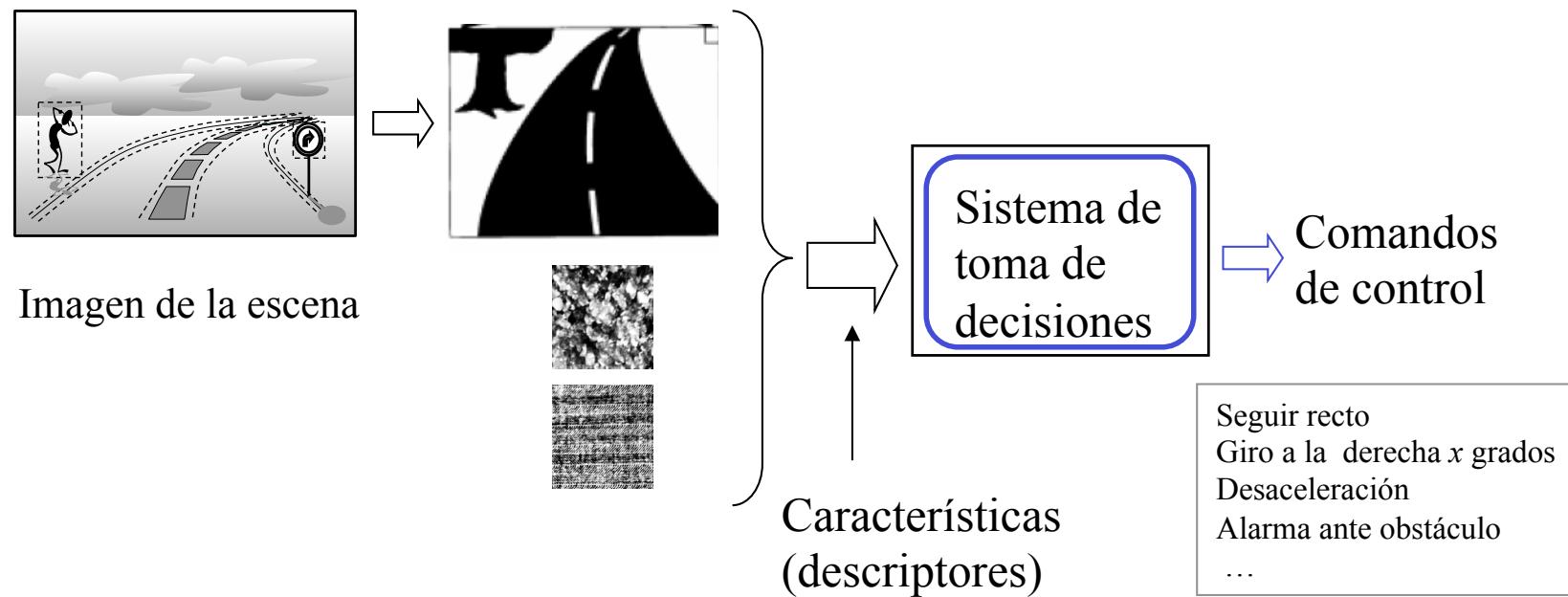


From Prof. Xin Li

Algunas aplicaciones del TDI (II)

Automatización de la conducción

Encontrar y seguir la carretera a partir de una cámara de vídeo colocada sobre el automóvil y orientada hacia la carretera.



La extracción de características es difícil y crítica

Algunas aplicaciones del TDI (III)

Reconocimiento de objetos en imágenes y secuencias de vídeo (I)

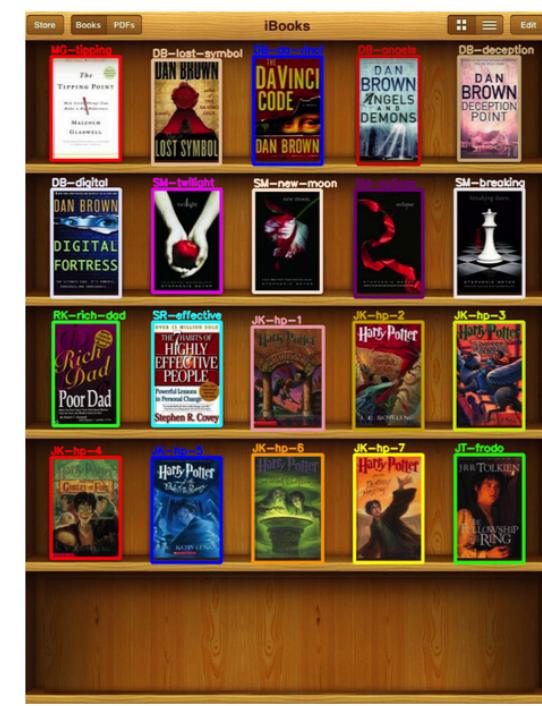
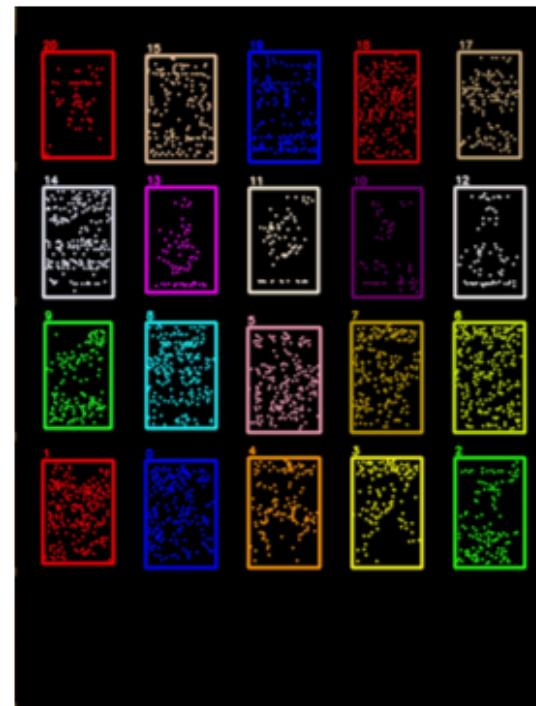
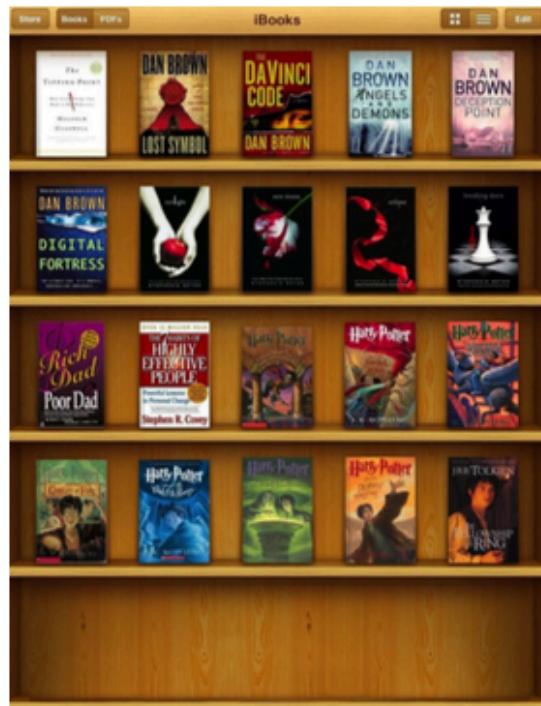
- Se obtiene una representación del contenido visual de las imágenes sin contar con “indexadores” dedicados a plasmar en pocas palabras lo que representa la imagen.
- Ejemplo: de cada imagen se extraen una serie de características y/o puntos de interés. Cada punto de interés se describe utilizando un conjunto de características denominadas descriptores. A partir de los descriptores se puede hacer un emparejamiento con otras imágenes para su reconocimiento.



Algunas aplicaciones del TDI (IV)

Reconocimiento de objetos en imágenes y secuencias de vídeo (II)

Siguiendo con el escenario anterior, es posible reconocer un objeto en una escena más compleja. Para ello, es necesario **segmentar** previamente la escena y, posteriormente, extraer de cada “objeto” un conjunto de **descriptores** (descriptores de los puntos de interés). Los descriptores extraídos se comparan/emparejan con los correspondientes a las imágenes almacenadas en una base de datos, a fin de identificar el objeto segmentado.



Algunas aplicaciones del TDI (V)

Reconocimiento de objetos en imágenes y secuencias de vídeo (III)

Imagen de entrada



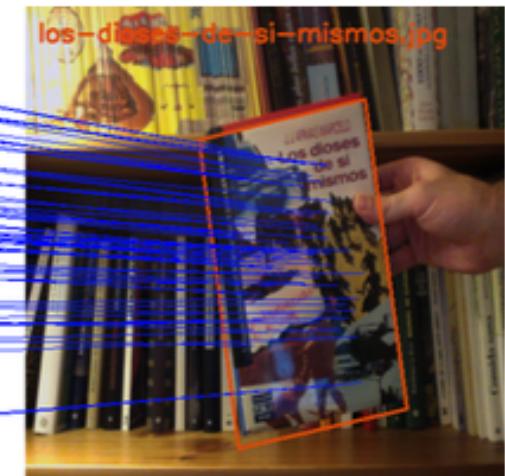
Segmentación y *Bounding box* correspondiente



Puntos de interés



Información mostrada para el objeto tras haber sido reconocido



Tema 1: Transformaciones de intensidad y filtrado espacial

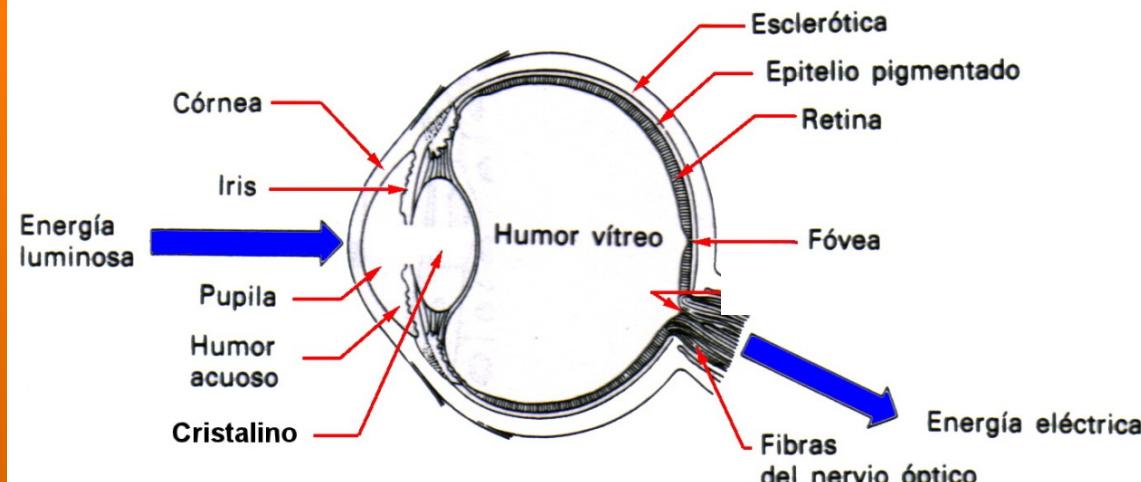
1.1. Introducción. Modelos de color

- Imagen como representación de una escena. Modelo de imagen
 - Esquema general de un sistema de tratamiento de imagen.
- Terminología
- Algunas aplicaciones del TDI
 - **El Sistema Visual Humano (SVH)**
 - **La imagen digital. Planos de bit. Histograma**
 - **Color. Modelos de color**

El Sistema Visual Humano (I)

- El ojo es el órgano principal del Sistema Visual. Es el sistema óptico más complejo y perfecto, al cual todo sistema artificial tiende a emular.
- El ojo consiste básicamente en una esfera de 2 cm de diámetro que recoge la luz que incide sobre él y la proyecta en su superficie posterior, convirtiendo la energía de la luz en impulsos nerviosos que son interpretados por el cerebro.

Anatomía del ojo



Sección transversal del ojo humano

- Córnea

Membrana transparente de forma redondeada que refracta la luz incidente. Actúa de manera similar a la lente de una cámara.

- Iris - pupila

Regula la entrada de luz.

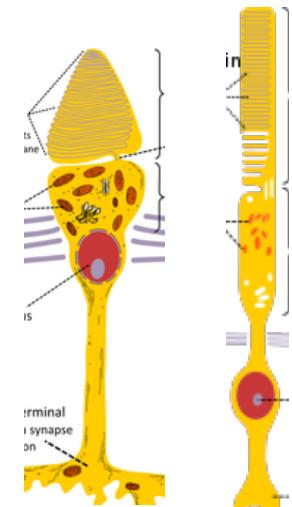
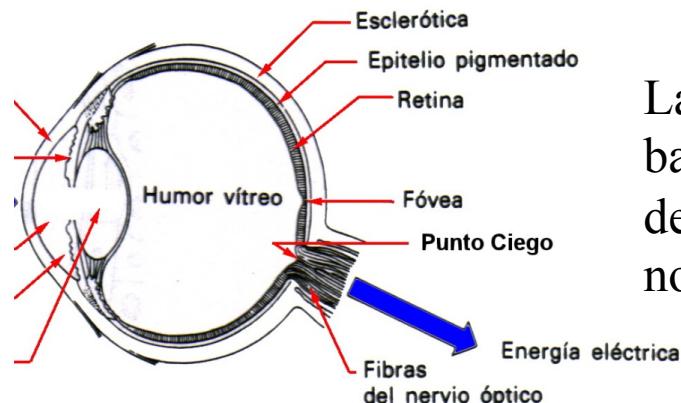
- Retina

Formada por células nerviosas sensibles a la luz.

El Sistema Visual Humano (II)

En la retina se encuentran los neuroreceptores sensibles a la luz. Dos tipos:

- . **Conos:** sensibles al color (responsables de las sensaciones cromáticas) y responsables de la agudeza visual (visión de **detailed**). Tres tipos de conos (sensibles a la **longitud de onda del rojo, verde y azul**); ~ 6 millones distribuidos en la retina, aunque la mayoría se concentra en la parte central (**fóvea**). Proporcionan visión fotóptica (visión a altos niveles).
- . **Bastones:** también son elementos fotosensibles, pero sólo a la presencia o ausencia de luz (visión **acromática**). La mayoría se encuentran distribuidos en la **periferia** de la **retina**, ~20 millones. Comparten terminaciones nerviosas. Responsables de la visión nocturna o escotóptica (visión a bajos niveles).



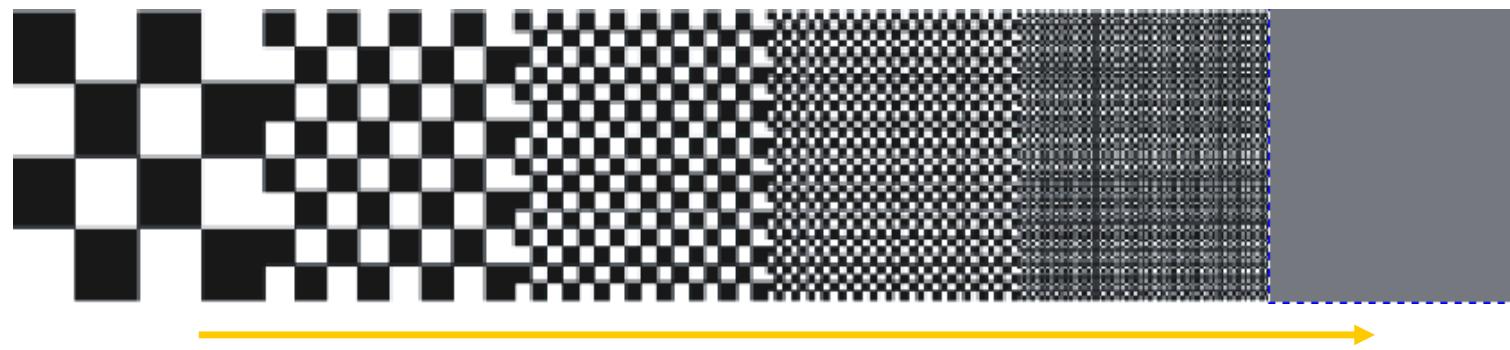
La distribución de conos y bastones hace que el grado de sensibilidad en la retina no sea homogéneo.

El Sistema Visual Humano (III)

En el ámbito del tratamiento de imagen se hace referencia a la **frecuencia** (espacial) como la rapidez con la que la señal cambia de valor en el espacio.

Una **alta** frecuencia (espacial) implica variaciones **rápidas** de intensidad entre puntos adyacentes. Hay dos variables indicadoras de frecuencia: frecuencia horizontal y frecuencia vertical.

Uno de los efectos visuales más destacables se manifiesta como un **filtrado paso bajo**: a determinadas escalas de resolución el ojo percibe los detalles con un nivel uniforme (filtrado de los “detalles”, que corresponden a altas frecuencias espaciales).



El ojo *percibe* intensidad promedio
(en lugar de los detalles)

El ojo realiza un filtrado de la imagen suprimiendo las altas frecuencias

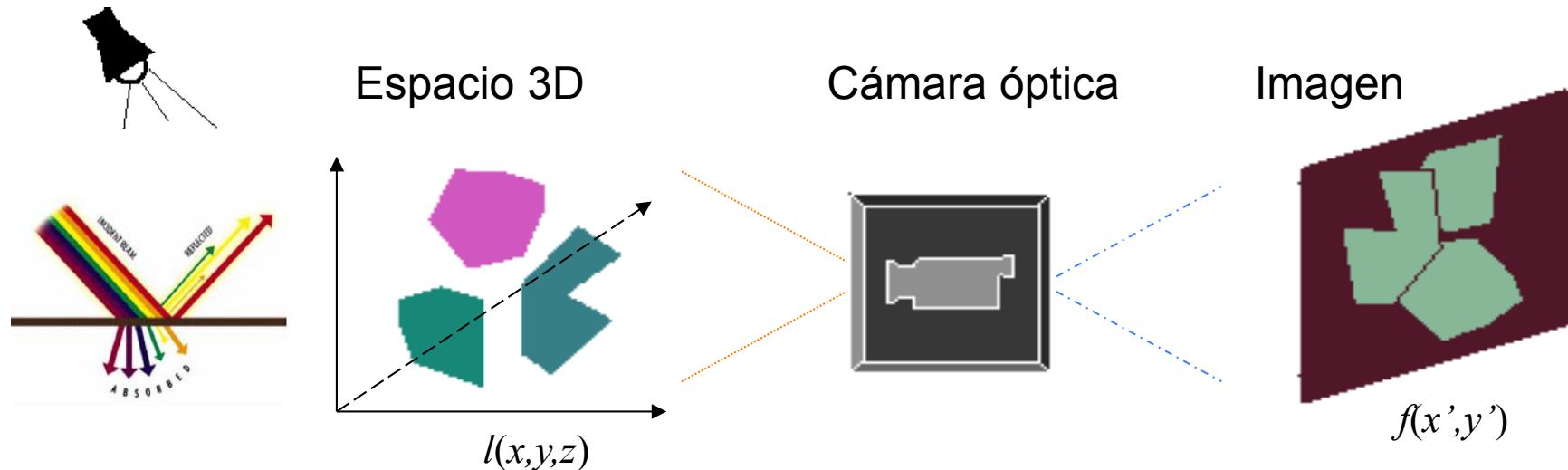
Tema 1: Transformaciones de intensidad y filtrado espacial

1.1. Introducción. Modelos de color

- Imagen como representación de una escena. Modelo de imagen
 - Esquema general de un sistema de tratamiento de imagen.
- Terminología
- Algunas aplicaciones del TDI
 - El Sistema Visual Humano (SVH)
 - **La imagen digital. Planos de bit. Histograma**
 - **Color. Modelos de color**

Concepto de digitalización de imagen

Representación visual de un determinada escena



Conversión de señales continuas (ondas de voltaje analógicas recogidas por los sensores de las cámaras) en aproximaciones digitales (información numérica que pueda procesar un ordenador).

¿Qué etapas son necesarias para esa conversión A/D?

Concepto de digitalización de imagen

Conversión de señales continuas (ondas de voltaje analógicas recogidas por los sensores de las cámaras) en aproximaciones digitales (valores numéricos que pueda procesar un ordenador).

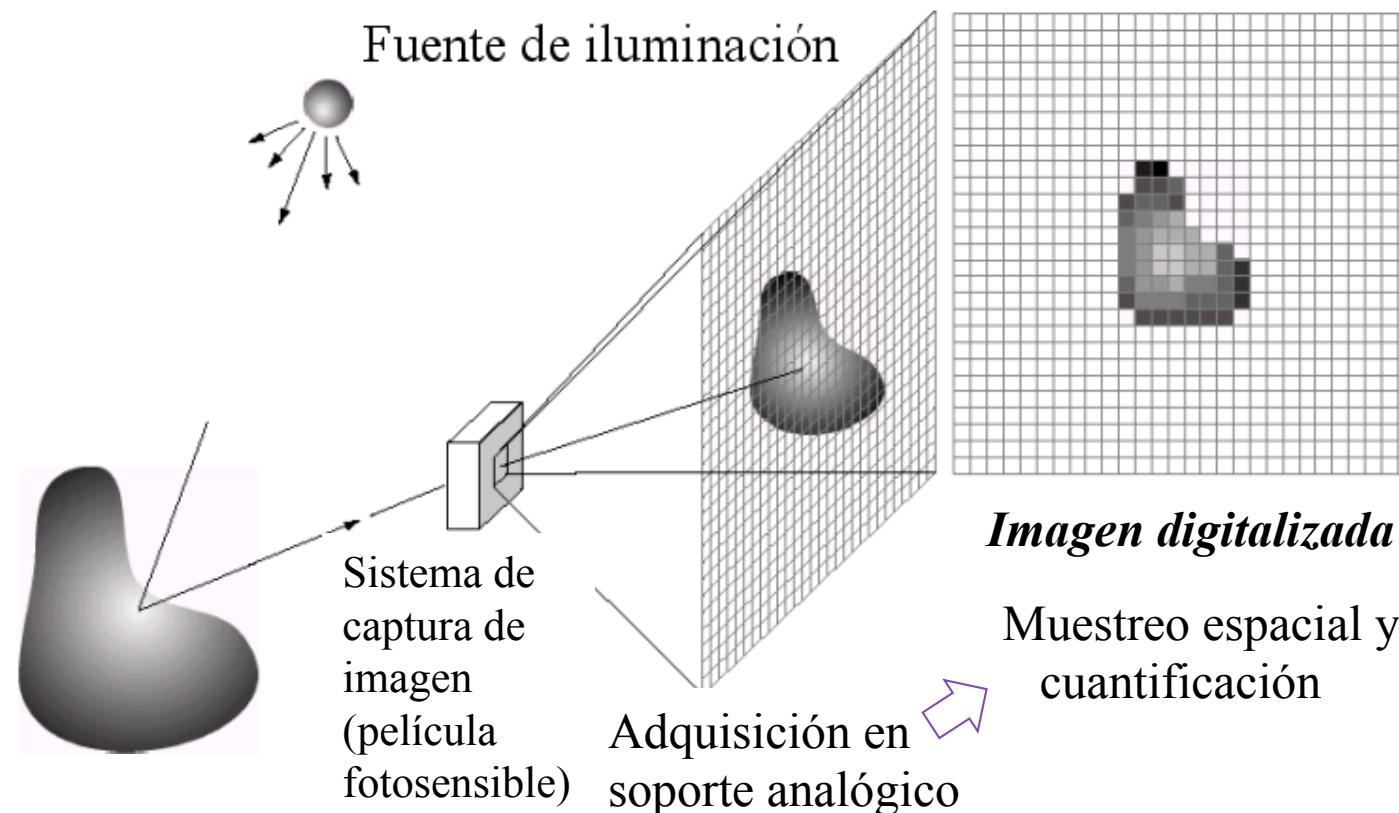
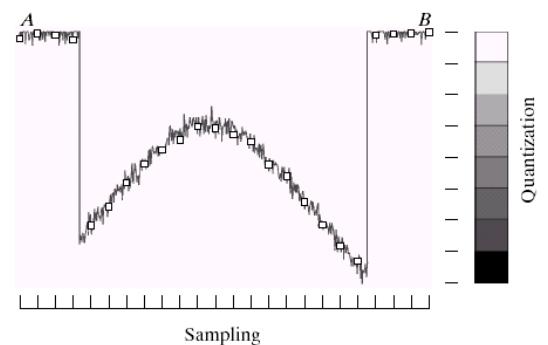
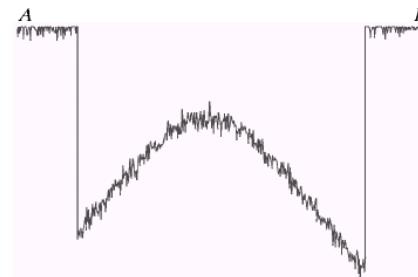
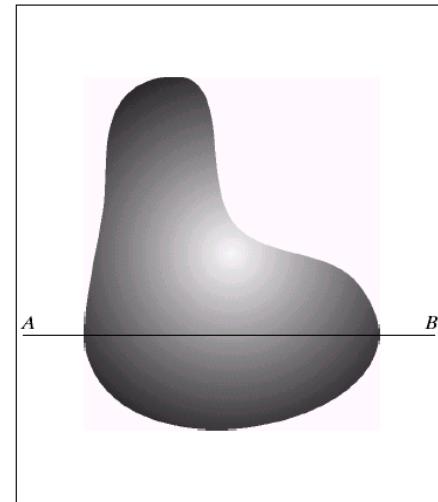


Imagen digital: matriz bidimensional (como una rejilla ⇒ muestreo espacial) cuyos elementos se denominan **píxeles** (del inglés *picture element*). Cada píxel se cuantifica con un valor que representa la luminosidad/color en una pequeña región de la escena.

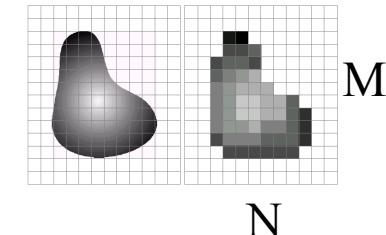
Proceso de muestreo y cuantificación

De Gonzalez & Woods, 2007



a
b
c
d

FIGURE 2.16 Generating a digital image. (a) Continuous image. (b) A scan line from *A* to *B* in the continuous image, used to illustrate the concepts of sampling and quantization. (c) Sampling and quantization. (d) Digital scan line.

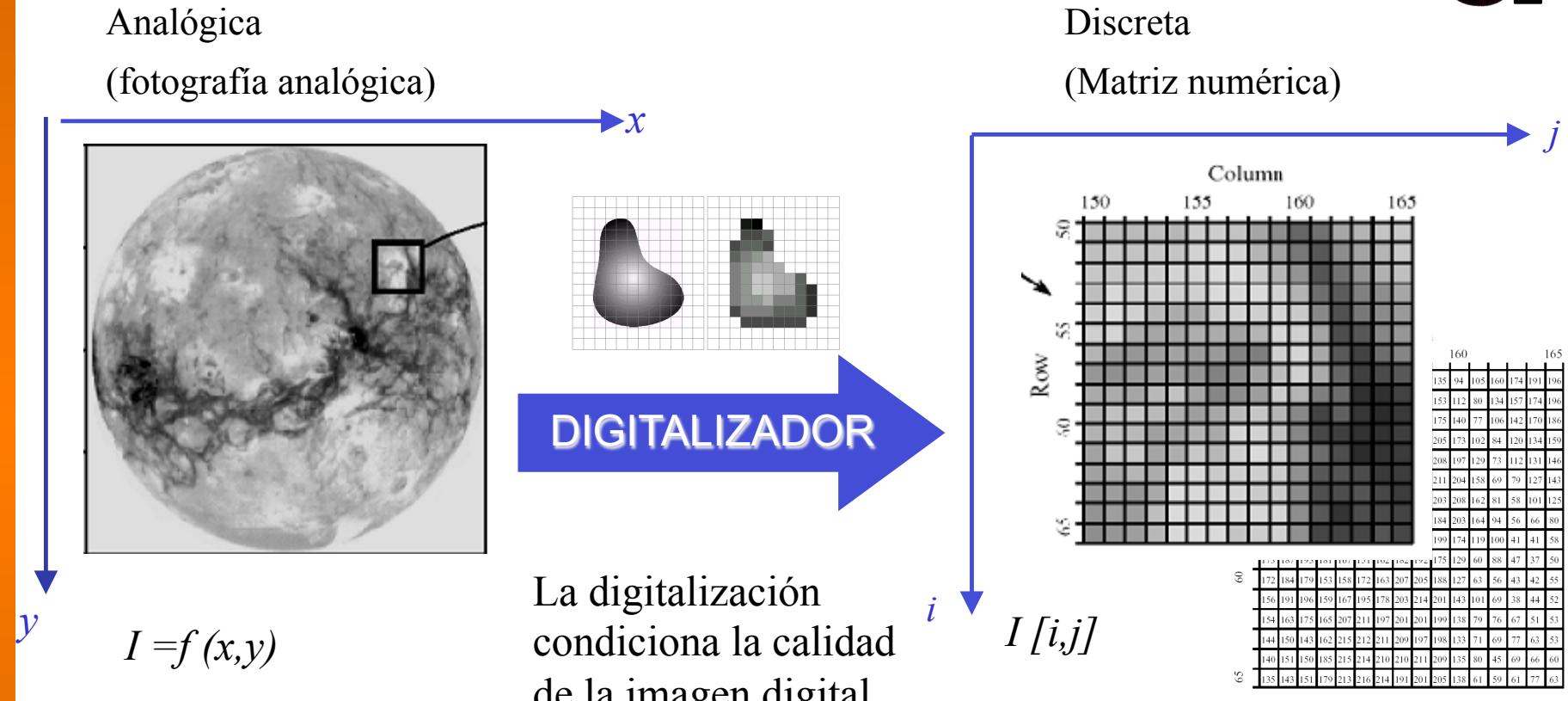


Digital significa que:

- el número de píxeles es finito ($M \times N$): la vista de la escena que representa la imagen está muestreada.
- el contenido de cada píxel está cuantificado y se representa mediante un código binario de B bits (“0” y “1” lógicos).

Ventajas del formato digital: replicabilidad y disponibilidad de técnicas de procesado impensables con formato analógico.

Proceso de muestreo y cuantificación (II)



Digitalizador:

- Muestreo espacial \Rightarrow **resolución espacial**, i.e, la capacidad de distinguir detalles espaciales finos. Se expresa en ppp (puntos por pulgada) o dpi (*dots per inch*).
- Cuantificación en amplitud (B bits \Rightarrow L niveles) \Rightarrow **resolución en intensidad** de B bits (también denominado profundidad de bit).

Tipos de imagen digital sin información de color

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

Imagen binaria o B/N:

- cada píxel está representado por un bit ($B=1$)
- convenio: asignar valores más altos a las áreas más brillantes

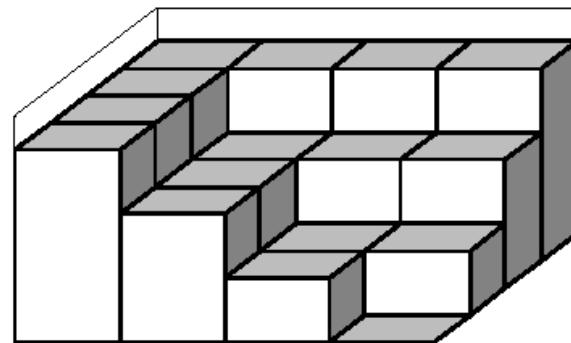
Imagen monocromo (o [en escala de] grises). Si $B=8$ [bits/pixel] $\Rightarrow 256$ niveles posibles (de 0 a 255)

Matriz numérica

255	255	255	255
255	170	170	170
255	170	85	85
255	170	85	0

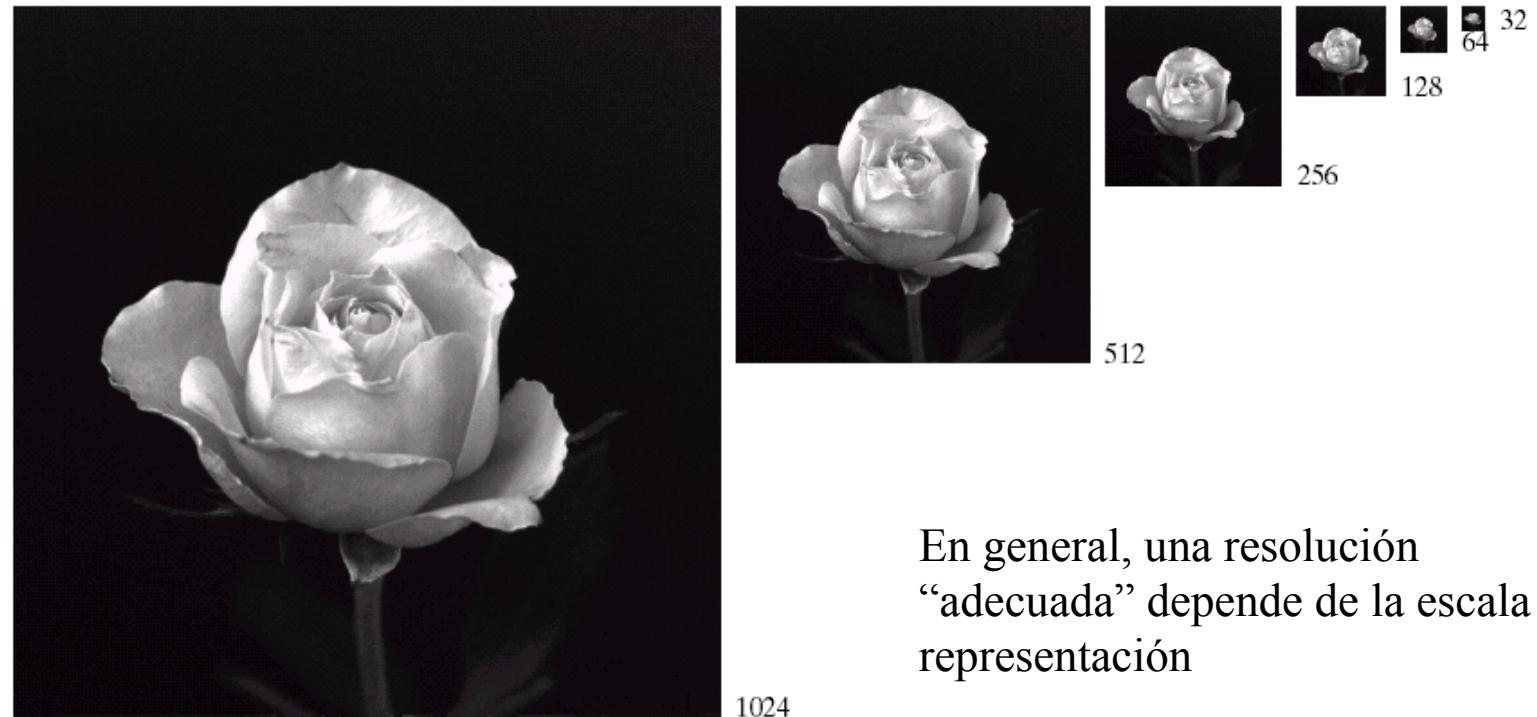
El rango de niveles representado en la imagen se denomina **rango dinámico**.

Una imagen puede considerarse como una superficie en 3D (como un relieve topográfico), donde el tercer eje (z) corresponde a los niveles de intensidad.



Efectos del muestreo espacial (I)

Reducción en la resolución espacial (**remuestreo** para reducir el tamaño de la imagen). El número de niveles de cuantificación es constante.



En general, una resolución “adecuada” depende de la escala de representación

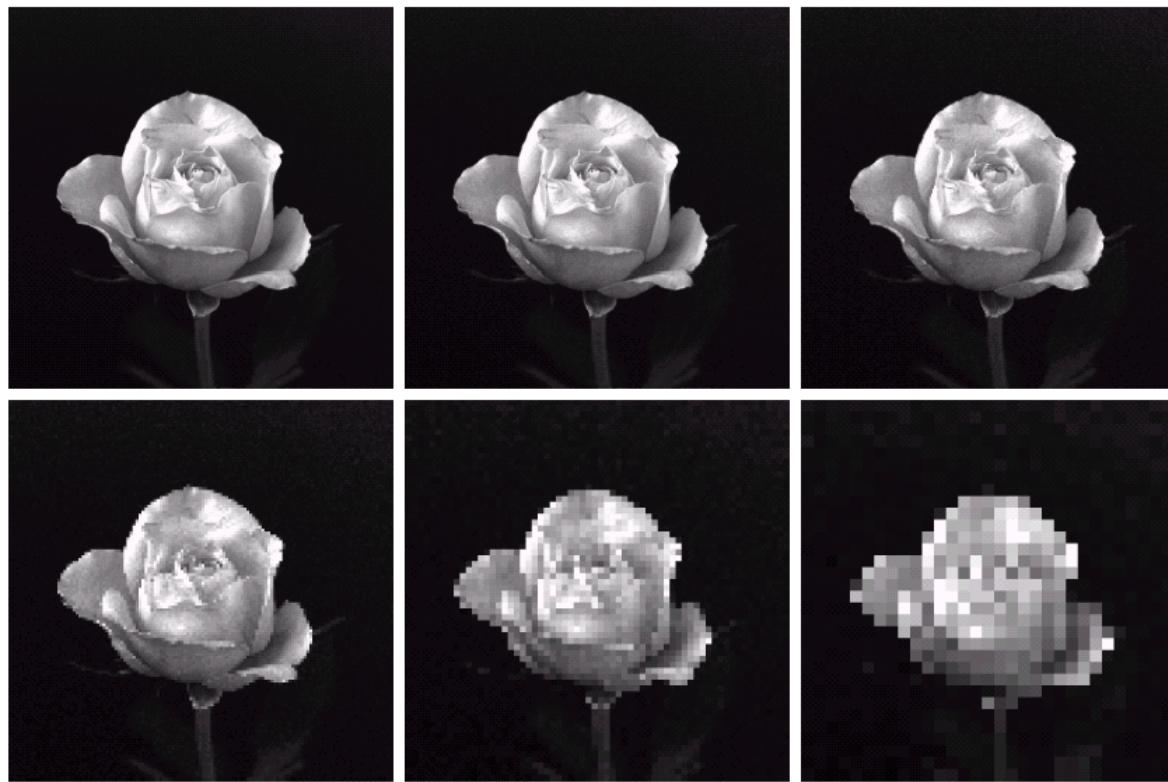
FIGURE 2.19 A 1024×1024 , 8-bit image subsampled down to size 32×32 pixels. The number of allowable gray levels was kept at 256.

De Gonzalez & Woods, 2007

Efectos del muestreo espacial (II)

Reducción en la resolución espacial utilizando interpolación.

Interpolación: proceso de usar datos conocidos para estimar niveles de intensidad en otras posiciones.



a	b	c
d	e	f

FIGURE 2.20 (a) 1024×1024 , 8-bit image. (b) 512×512 image resampled into 1024×1024 pixels by row and column duplication. (c) through (f) 256×256 , 128×128 , 64×64 , and 32×32 images resampled into 1024×1024 pixels.

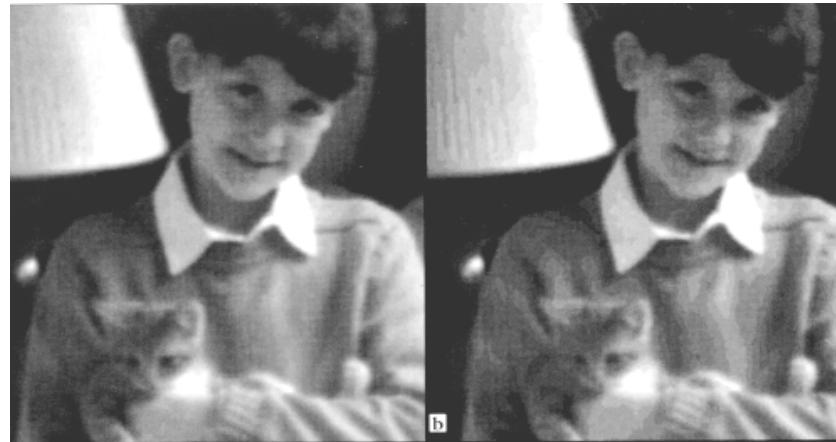
Todas las imágenes tienen el mismo tamaño, pero como no tienen la misma resolución original, no representan la escena con el mismo detalle

⇒ Imagen
granulosa

Efectos de la cuantificación

Reducción del número de niveles de intensidad en una imagen monocromo (cuantificación)

32



16

8



4

Al representar una imagen con un reducido número de **niveles de intensidad**, el ojo puede detectar *contornos artificiales* que resultan visualmente molestos.

Tema 1: Transformaciones de intensidad y filtrado espacial

1.1. Introducción. Modelos de color

- Imagen como representación de una escena. Modelo de imagen
 - Esquema general de un sistema de tratamiento de imagen.
- Terminología
- Algunas aplicaciones del TDI
 - El Sistema Visual Humano (SVH)
 - La imagen digital. **Planos de bit. Histograma**
 - **Color. Modelos de color**

Planos de bit (I)

En imágenes de 8bits/píxel \Rightarrow cada píxel de la imagen se codifica con 8 bits. Cada bit genera un plano de bit \Rightarrow se generan por tanto 8 planos de bit: plano de bit7 (MSB o *Most Significant Bit*), bit6,... bit1, bit0 (LSB o *Least Significant Bit*).

Un plano de bit es una **representación binaria** de una imagen, donde el valor (binario) de cada píxel corresponde al valor que tiene la palabra binaria asociada a ese píxel.



7	6	5	4	3	2	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---

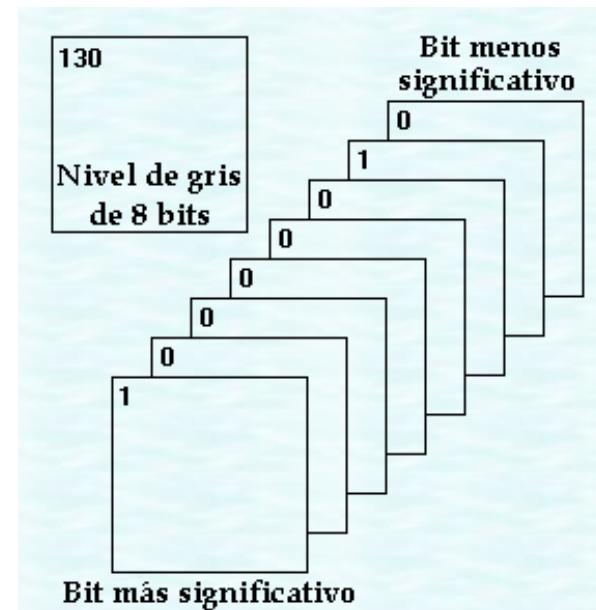
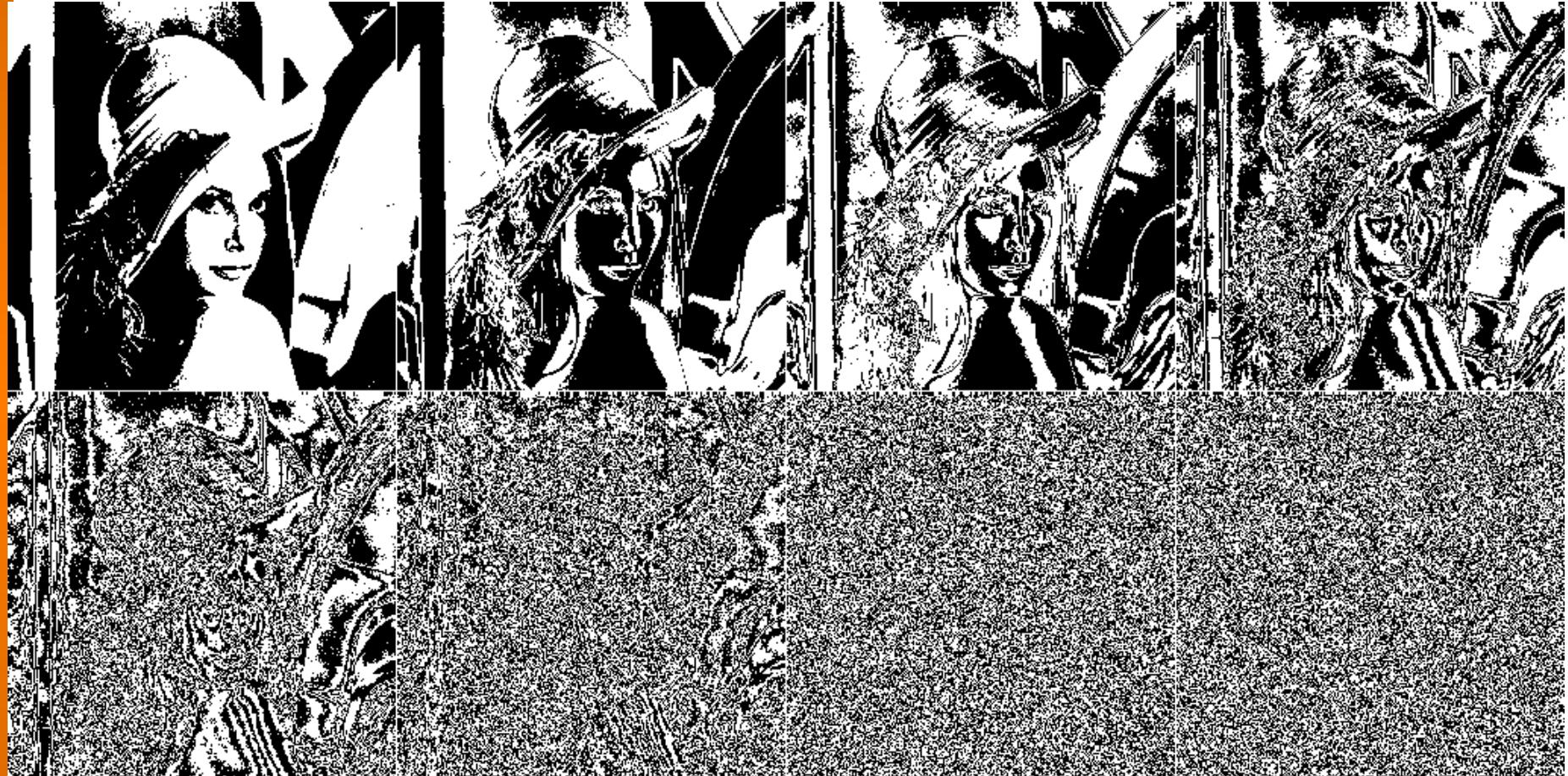


Imagen de 8 bits: binarización \iff blanco si bit=1
negro si bit=0

Planos de bit (II)



Los bits más significativos contienen la información visual más importante