



Introducción a la Visión Computacional y Procesamiento Gráfico

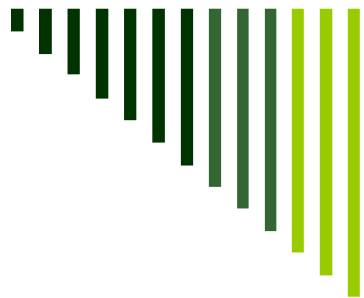
I Unidad

Ms. Ing. Liz Sofia Pedro H.



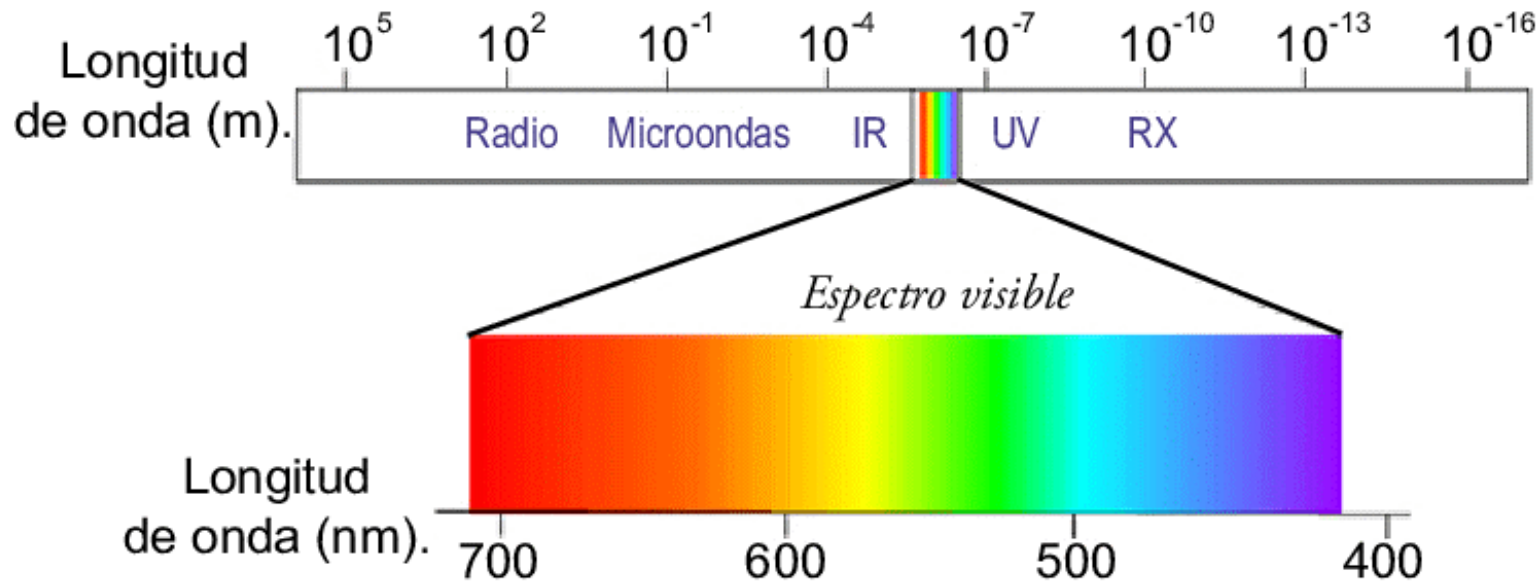
Contenidos.

1. Introducción
2. Sistemas de Visión Computacional
3. Procesamiento Digital de Imágenes.
 1. Operaciones estadísticas.
 2. Binarización.



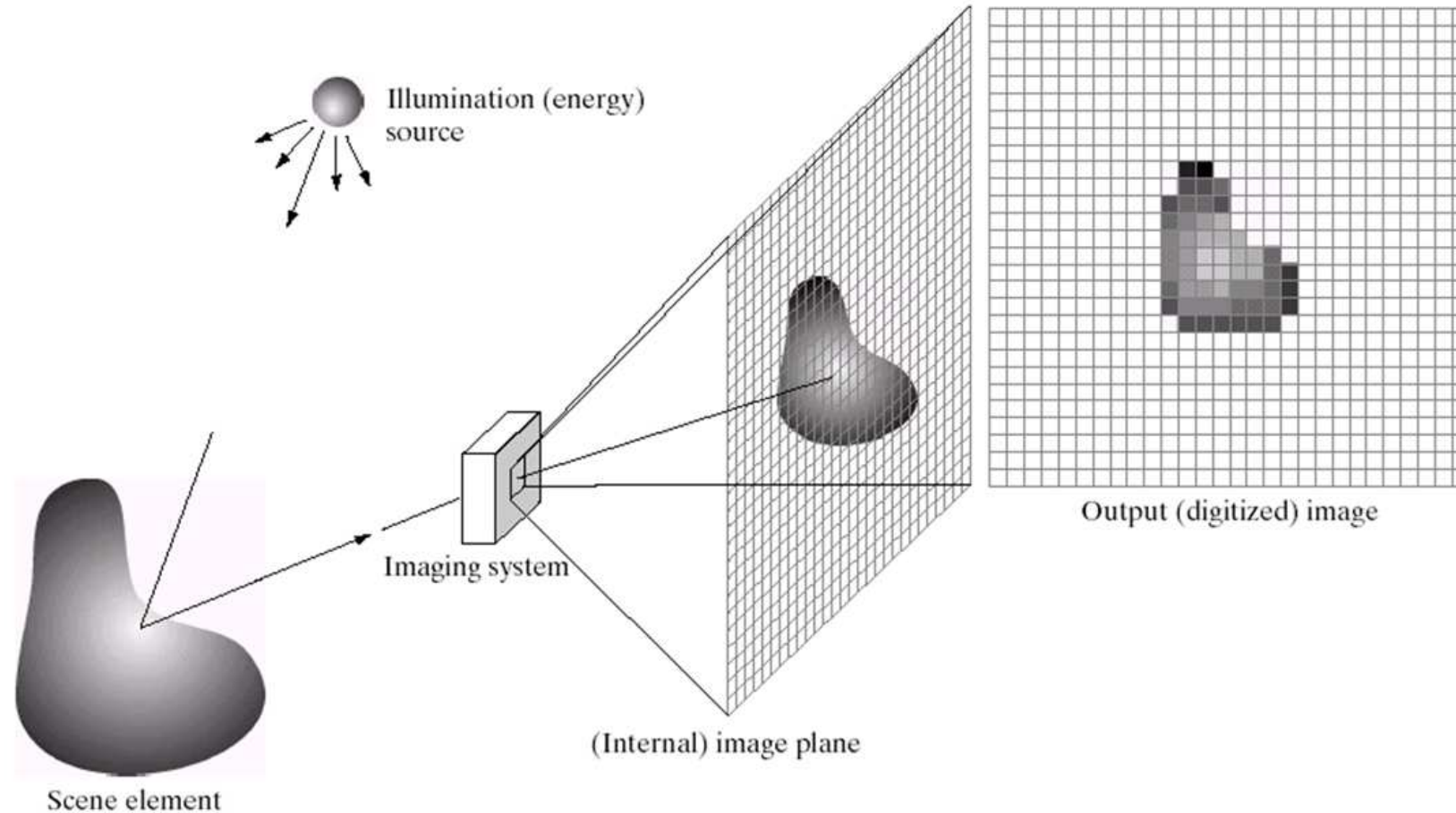
3. IMÁGENES DIGITALES

3.1. El espectro electromagnético



- Imágenes basadas en radiación del espectro EM.
- Cada partícula contiene energía.

3.3. Formación de la imagen





3.2. Formación de la imagen (Cont.)

- El proceso de formación de la imagen se da en dos partes:
 - Geometría: Determina donde se localizará cada punto de escena en el plano de la imagen.
 - La física de la luz determina el brillo de un punto en el plano de la imagen

$$f(x, y) = i(x, y)r(x, y)$$

donde i es iluminación y r es reflectancia

3.2. Formación de la imagen (Cont.)

Iluminación o intensidad de la luz incidente $I(x, y)$

Reflectancia o reflexividad del objeto $R(x, y)$

En situaciones reales: $L_{min} \leq f(x, y) \leq L_{max}$

Una imagen es una función bidimensional, $f(x, y)$ donde x e y son coordenadas espaciales.

El valor de $f(x, y)$ en (x, y) es proporcional al brillo de la imagen en ese punto.

3.2. Formación de la imagen (Cont.)

- *Ejemplo.* Primera fotografía digitalizada.



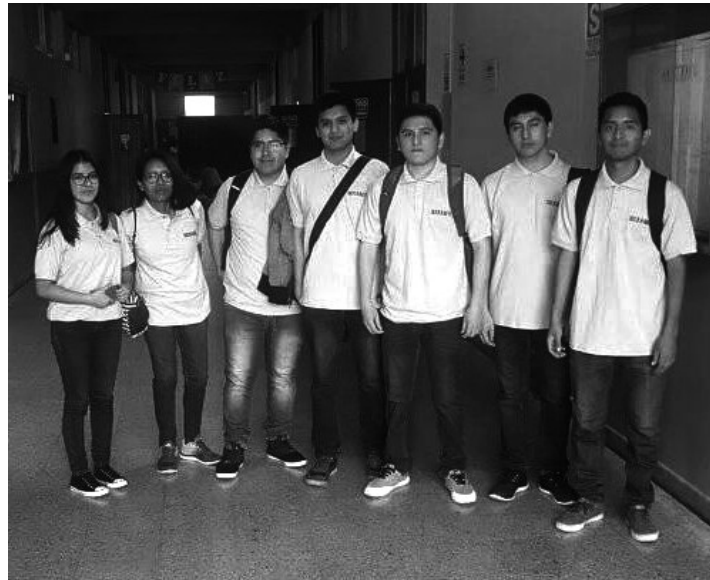
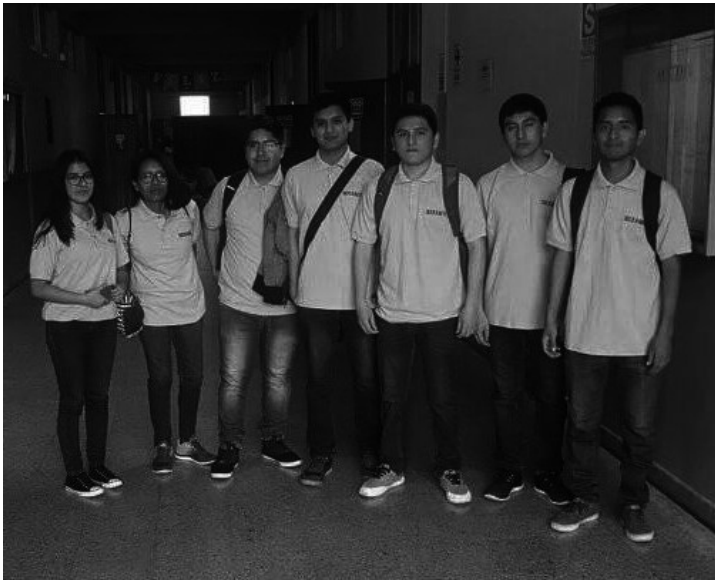
3.2. Formación de la imagen (Cont.)

- Muestreo. Mide el valor de una imagen en un numero finito de puntos. (Resolución)
 - Efecto muestreo.



3.2. Formación de la imagen (Cont.)

- **Cuantización.** Imposibilidad de tener un rango infinito de valores.
 - Efecto Cuantización $f(x, y)$





3.3. Imagen digital

- Una imagen analógica es una función bidimensional continua .
- Una imagen digital es una función discreta vista como $f(x, y)$ donde x y y son coordenadas espaciales.
- Una imagen digital es una función discreta vista como $f(x, y)$ donde x y y son coordenadas espaciales.
- Una imagen digital emplea muestreo y cuantización.
- El valor de $f(x, y)$ en (x, y) es proporcional al brillo de la imagen en ese punto.
- El valor de $f(x, y)$ en (x, y) es proporcional al brillo de la imagen en ese punto.



3.3. Imagen digital (Cont.)

- ❑ Una imagen digital se puede representar como una colección de puntos dispuestos en un arreglo matricial, cada uno con un nivel de gris determinado por $f(x, y)$.
- ❑ Los elementos de dicha matriz son conocidos como pixels.
- ❑ Un pixel es conocido como picture element, la menor unidad de mismo color en una imagen.
- ❑ Un pixel en escala de grises tiene valores de pixel entre 0 y 255.



3.3. Imagen digital (Cont.)



$$I = \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix}$$

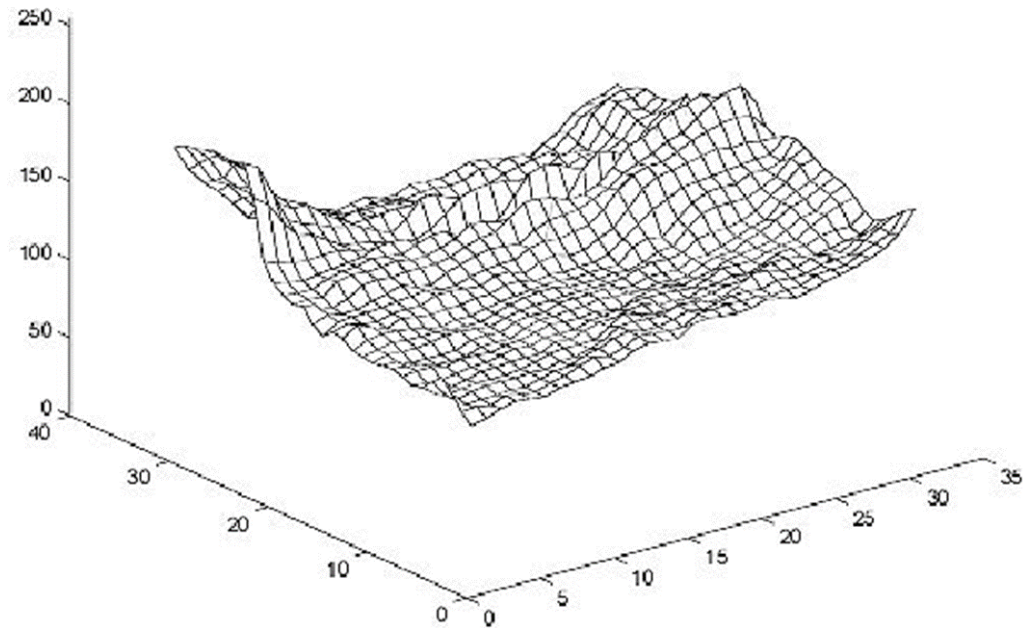
En algunos casos, es necesario considerar a la imagen como una función de variables continuas.

En algunos casos, es necesario considerar a la imagen como una función de variables continuas.

es un valor de intensidad
 $I: R \times R \rightarrow [0, M]$

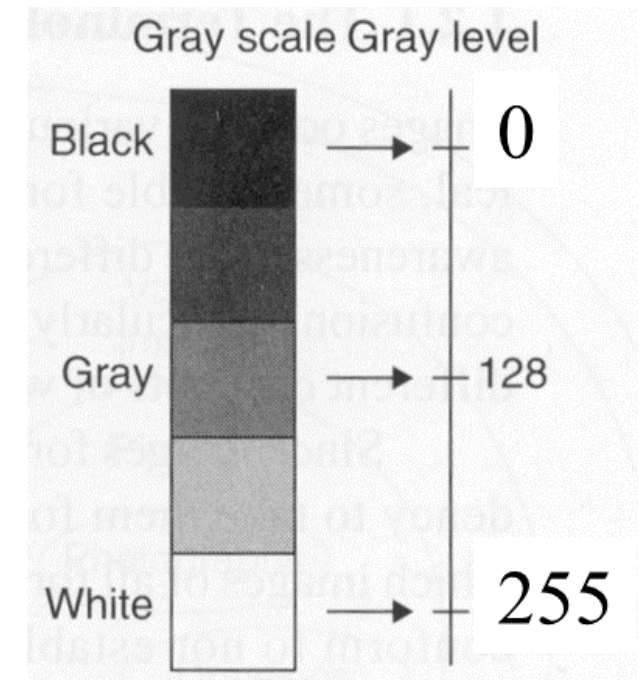
Donde $I(x, y)$ es un valor de intensidad

3.3. Imagen digital (Cont.)



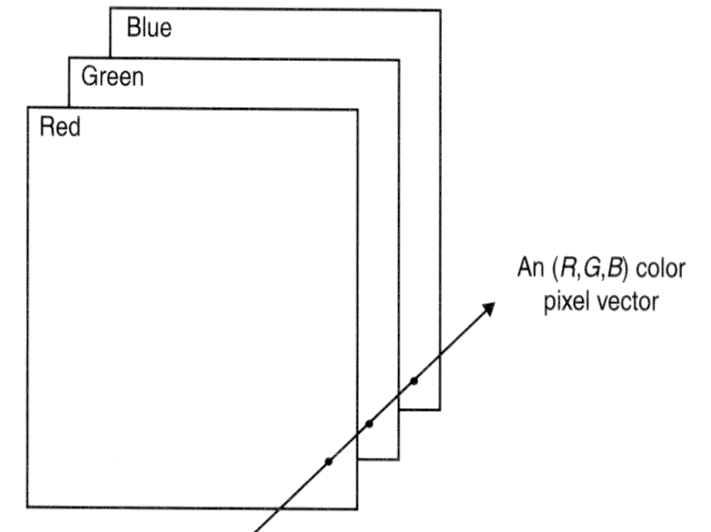
3.3. Imagen digital (Cont.)

- Una imagen digital es un arreglo de $m \times n$.
- Las intensidades discretas se representan en intensidades en potencia de 2
- $L = 2^k$
- El intervalo de intensidad es $[0, L - 1]$
- Almacenamiento = $m \times n \times k \text{ bits}$



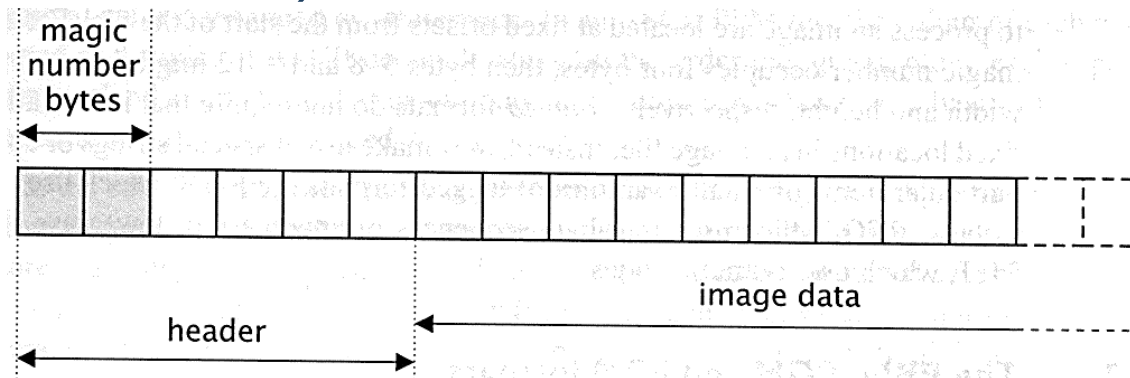
3.3. Imagen digital (Cont.)

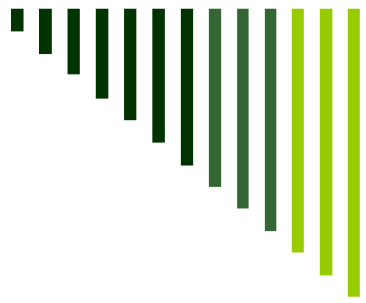
- *Imágenes de Color.* Las imágenes en color se componen de tres canales de color (rojo, verde y azul) que se combinan para crear la mayoría de los colores que podemos ver.



3.4. Formatos de archivo de imagen

- Muchos formatos de imagen se adhieren al modelo simple.
 - El encabezado contiene al menos el ancho y el alto de la imagen.
 - La mayoría de los encabezados comienzan con una firma o un "número mágico" (secuencia corta de bytes para identificar el formato de archivo)





3.4. Formatos de archivo de imagen (Cont.)

- Algunos formatos de imagen
 - GIF (Graphic Interchange Format) -
 - PNG (Portable Network Graphics)
 - JPEG (Joint Photographic Experts Group)
 - TIFF (Tagged Image File Format)
 - PGM (Portable Gray Map)
 - FITS (Flexible Image Transport System)
 - RAW



3.5. Histograma de una imagen

- Sea una imagen en su representación matricial entonces su histograma será un vector h de elementos.

$$h = \{ h(i) \mid h(i) = \sum_{(x,y) \in I} 1, \quad 0 \leq i \leq 255 \}$$

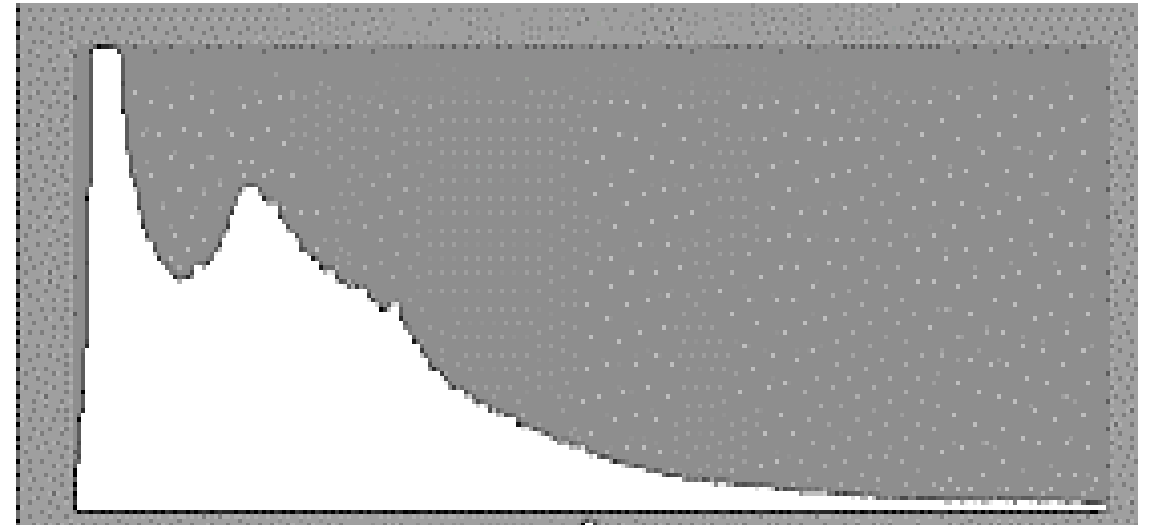
- $h(i)$ representa la frecuencia de aparición de el tono de gris en la imagen.
- $h(150)$ representa la frecuencia de aparición de el tono i de gris en la imagen.
- *Ejemplo.* Si $h(150) = 39$ significa que hay 39 pixeles de tono de gris 150.
- *Ejemplo.* Si $h(150) = 39$ significa que hay 39 pixeles de tono de gris 150.



3.5. Histograma de una imagen (Cont.)

- Sea una imagen en su representación matricial I entonces su histograma será un vector h de elementos.

3.5. Histograma de una imagen (Cont.)





3.6. Acumulación de una imagen

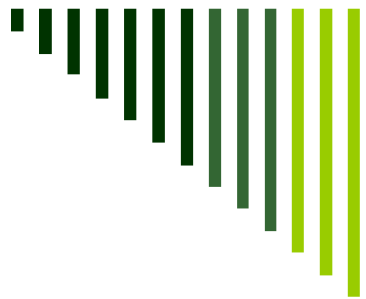
□ Sea una imagen en su representación matricial entonces su histograma será un vector H de elementos.

□ representa la frecuencia de aparición de tonos de gris menores que i .

$$H(i) = \sum_{j=0}^{i-1} h(j)$$

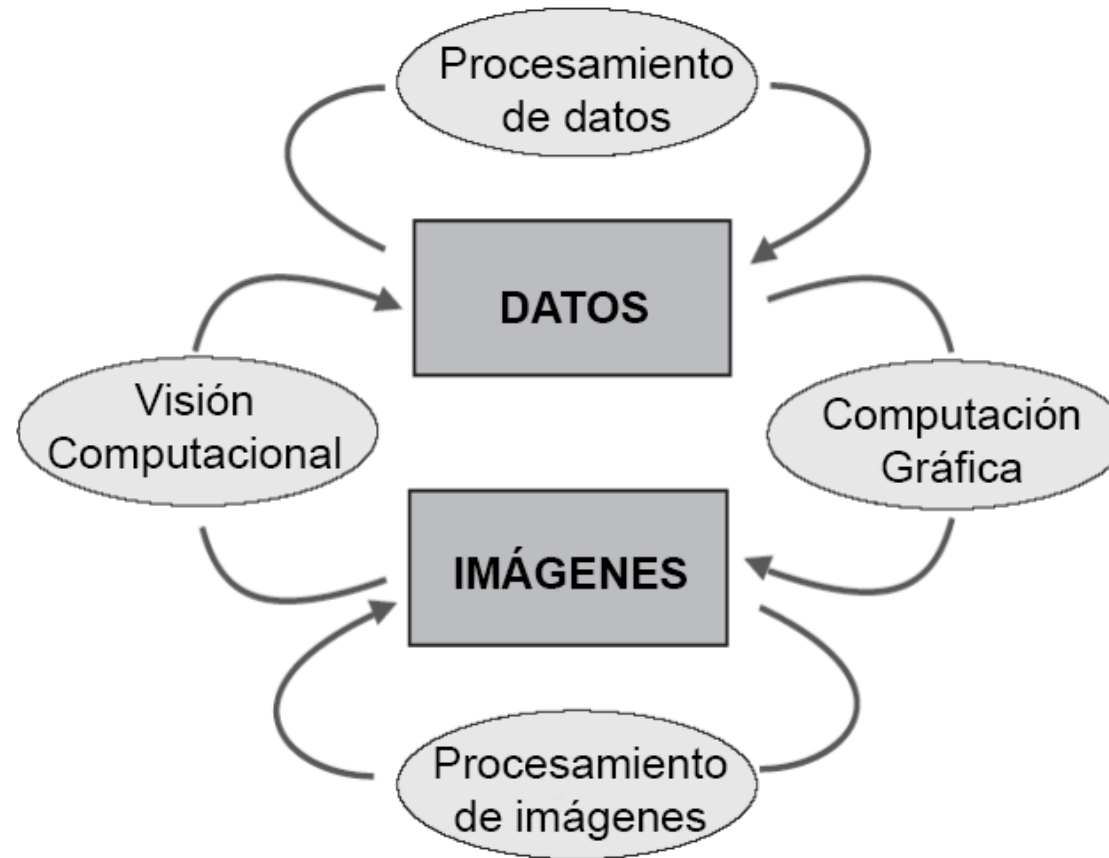
□ *Ejemplo.* Si significa que hay 120 pixeles de tono de gris 150 menores.

□ *Ejemplo.* Si $H(150) = 120$ significa que hay 120 pixeles de tono de gris 150 menores.



4. PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES

4.1. Introducción





4.1. Introducción (Cont.)

- *Lo que distinguió la visión por computadora del campo del procesamiento de imágenes digitales fue el deseo de recuperar la estructura tridimensional del mundo a partir de imágenes y usarlo como trampolín hacia la comprensión completa de la escena.*



4.2. Definición

- El procesamiento digital de imágenes se centra en dos tareas principales
 - Mejora de la información pictórica para la interpretación humana.
 - Procesamiento de datos de una imagen para almacenamiento, transmisión y representación para que sean percibidos por una máquina autónoma.
- Existen discusiones sobre dónde termina el procesamiento de imágenes y campos como el análisis de imágenes y visión computacional.

4.2. Definición (Cont.)

Visión





4.3. Historia

- 1920's: una de las primeras aplicaciones de imágenes digitales fue en la industria de los periódicos.
 - El servicio de transmisión de imágenes por cable de Bartlane.
 - Las imágenes fueron transferidas por cable submarino entre Londres y Nueva York.
 - Las imágenes se codificaron para la transferencia por cable y se reconstruyeron en el extremo receptor en una impresora telegráfica
 - 1920: 5 tonos
 - 1929 : 15 tonos de gris



4.3. Historia (Cont.)

- 1950-1960 : verdadero inicio de PDI
 - Objetivo Inicial : mejorar calidad visual de imágenes espaciales
 - 1960's: Mejoras en la tecnología informática y el inicio de la carrera espacial.
 - 1964: Mejoro la calidad de las imágenes de la luna tomadas por la sonda Ranger 7, usándose posteriormente en otras misiones espaciales.



4.3. Historia (Cont.)

- 1970: Uso en aplicaciones médicas.
 - 1979: Sir Godfrey N. Hounsfield y el Prof. Allan M. Cormack inventan la tomografía, precursor de la tomografía axial computarizada (TAC).
- En 1990: el telescopio Hubble puede tomar imágenes de objetos muy distantes, pero las imágenes tenían fallas fueron apoyados por PDI.

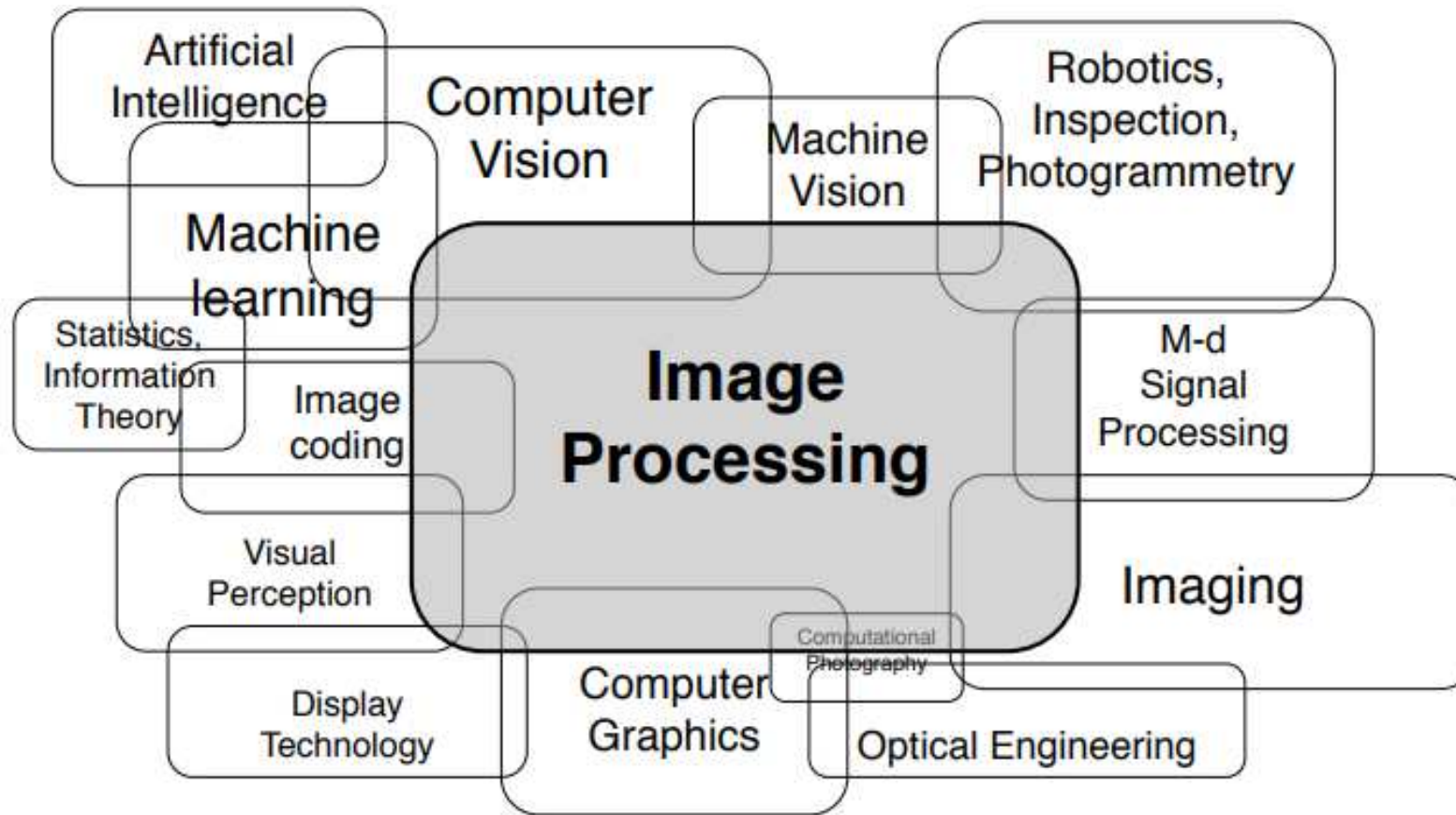


4.3. Historia (Cont.)

Tarea

- 1980 hasta hoy: las técnicas de procesamiento se utilizan para todo tipo de tareas en todo tipo de áreas:
 - Mejora de imagen / restauración,
 - Efectos artísticos,
 - Visualización médica,
 - Inspección industrial,
 - Interfaces de ordenador humano,
 - entre otros.

4.4. Áreas relacionadas (Cont.)

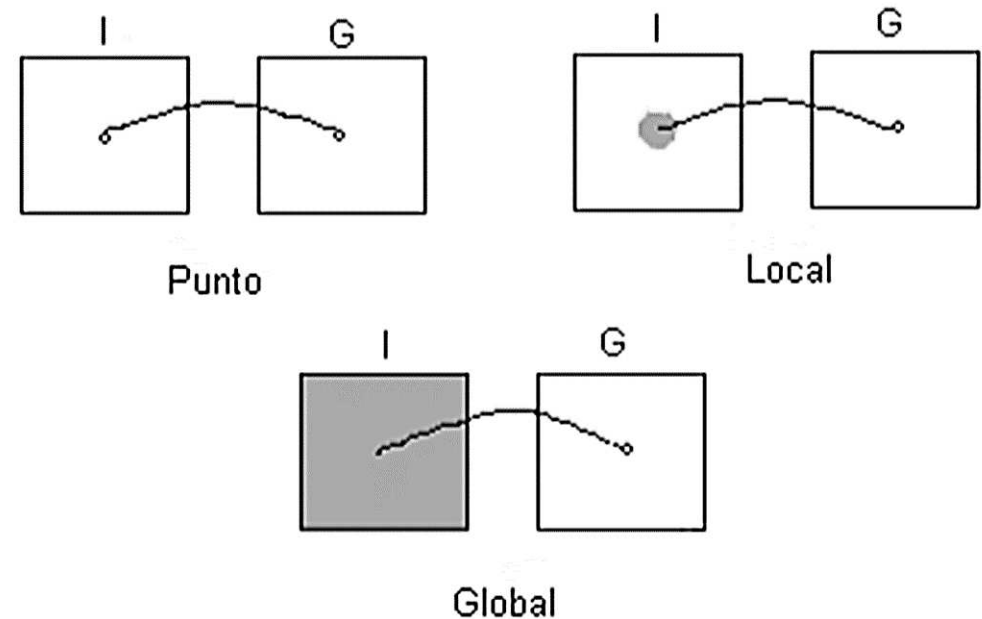


Tarea

4.5. Tipos de Operaciones

□ Las operaciones sobre imágenes se pueden clasificar en tres tipos:

- Punto
- Local
- Global



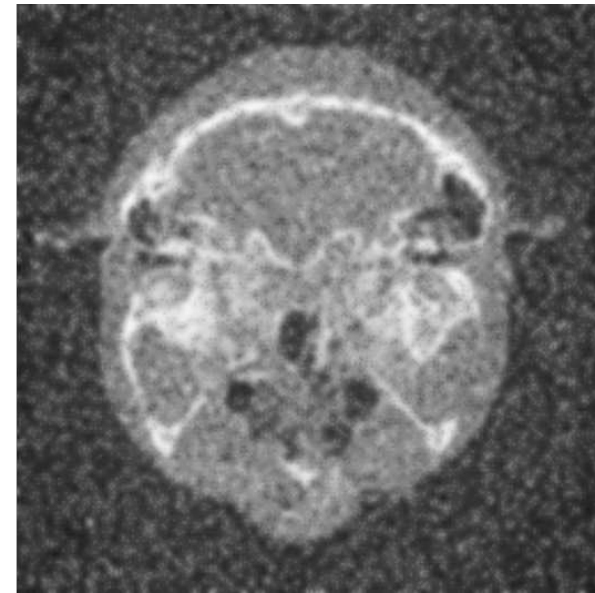
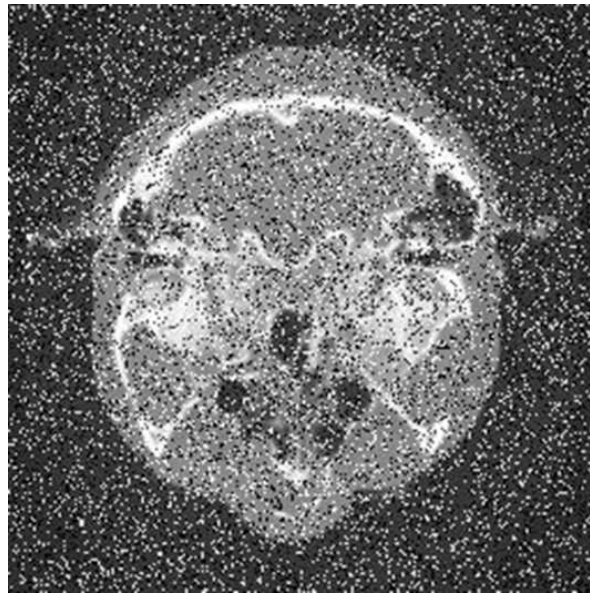
4.6. Operaciones (Cont.)

□ Binarización



4.6. Operaciones (Cont.)

□ Filtrado



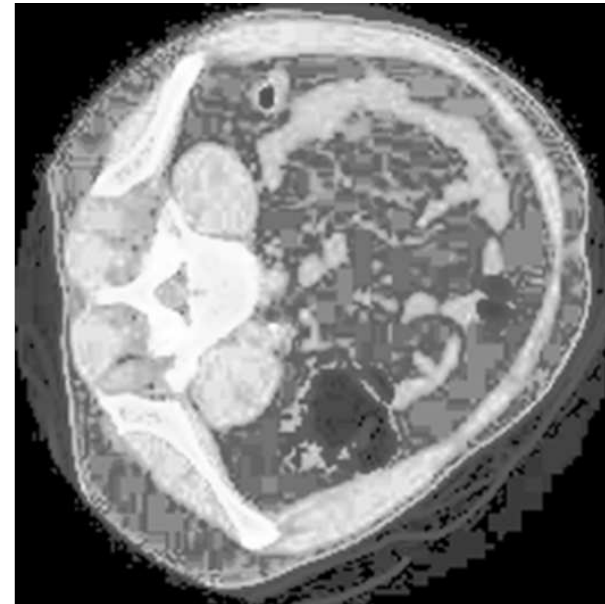
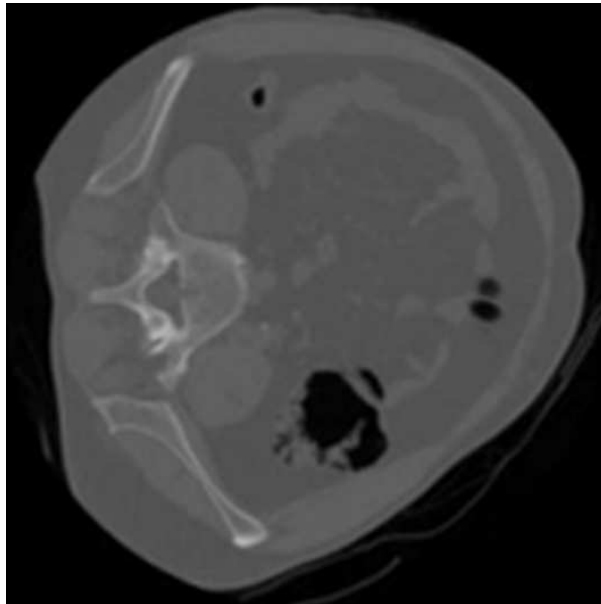
4.6. Operaciones (Cont.)

□ Detección de bordes



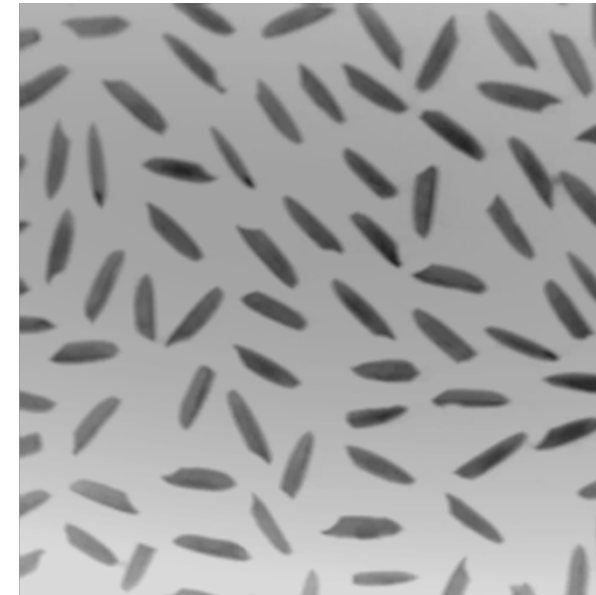
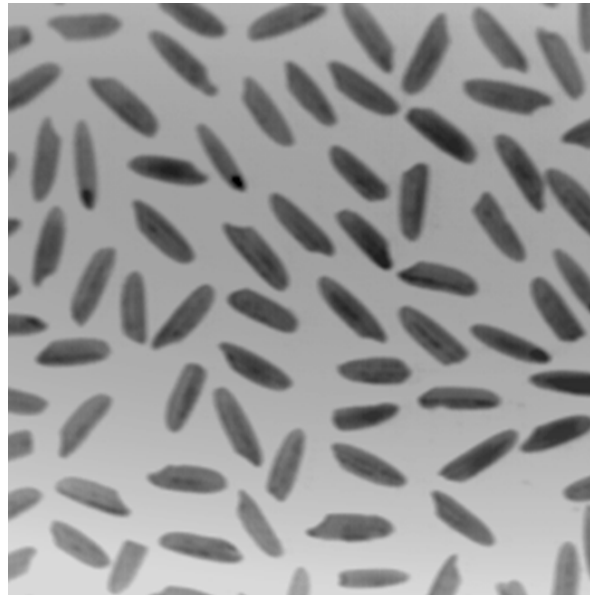
4.6. Operaciones (Cont.)

□ Mejoramiento de contraste



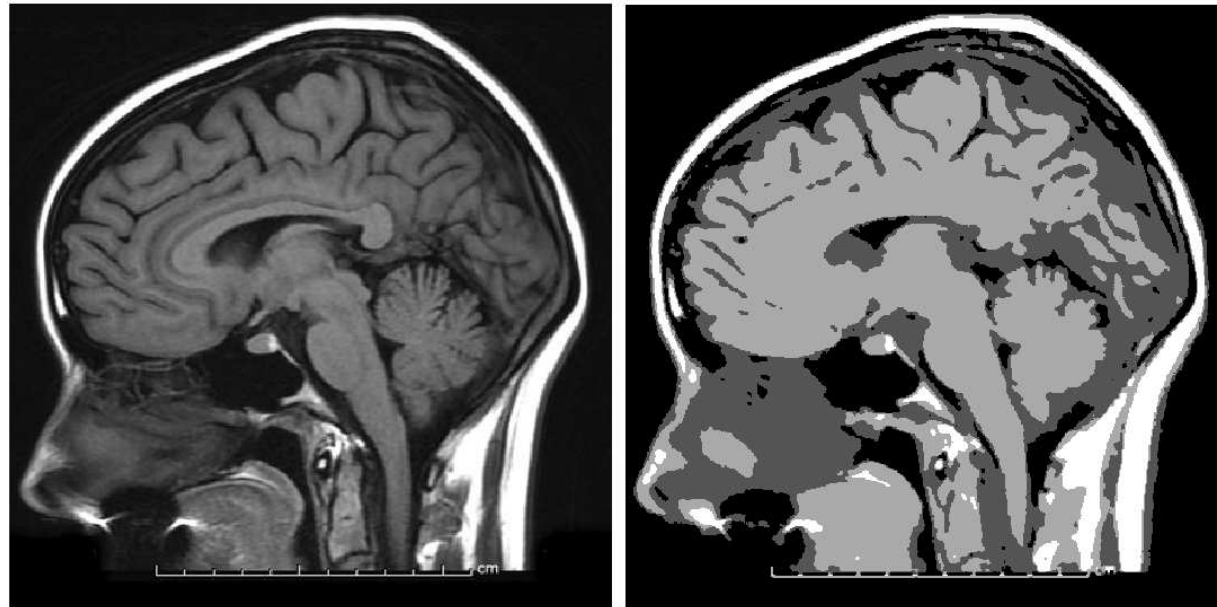
4.6. Operaciones (Cont.)

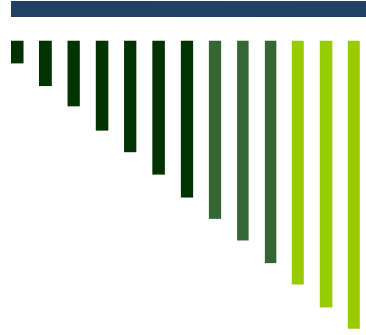
□ Morfología Matemática



4.6. Operaciones (Cont.)

□ Segmentación





5. BINARIZACIÓN

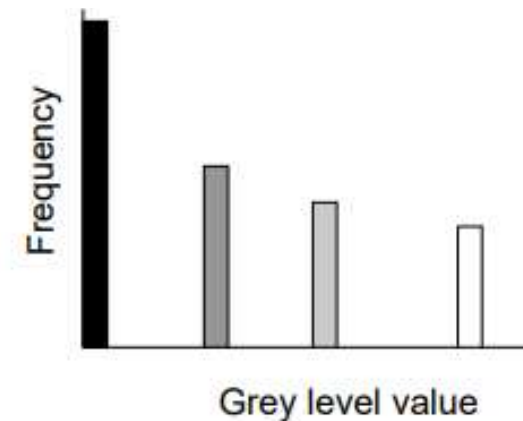
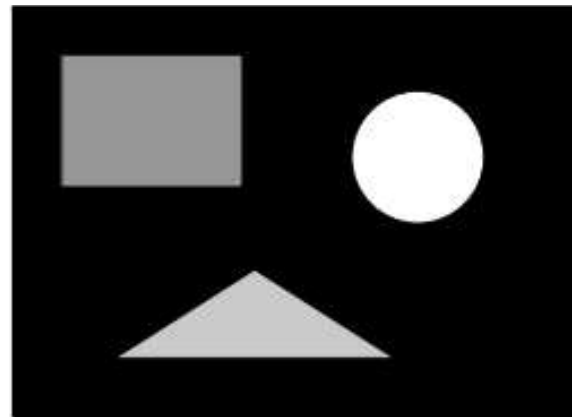


5.1. Binarización.

- Separar el objeto del fondo de la imagen.
- La entrada es una imagen en escala de gris.
- La salida es una imagen binaria.
- Una imagen binaria es una imagen que tiene solo dos tonos de gris (negro:0 y blanco:1).
- Utiliza un valor umbral, el cual es calculado empleando diversos métodos.
- Thresholding

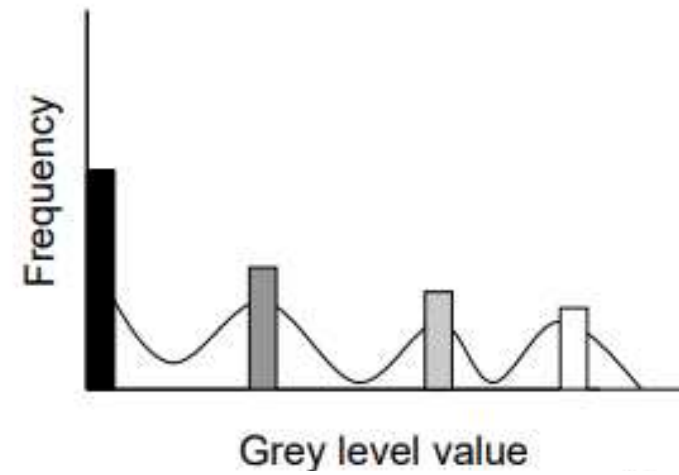
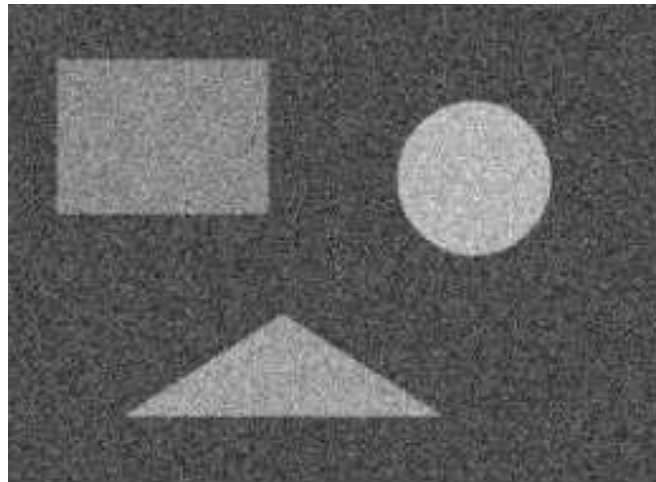
5.1. Binarización (Cont.)

- El histograma de la imagen crea contenedores de intensidades y cuenta número de píxeles en cada nivel, también se puede emplear normalizado.



5.1. Binarización (Cont.)

- El histograma de la imagen se puede ver afectado por el ruido.





5.1. Binarización (Cont.)

□ La binarización puede ser vista como:

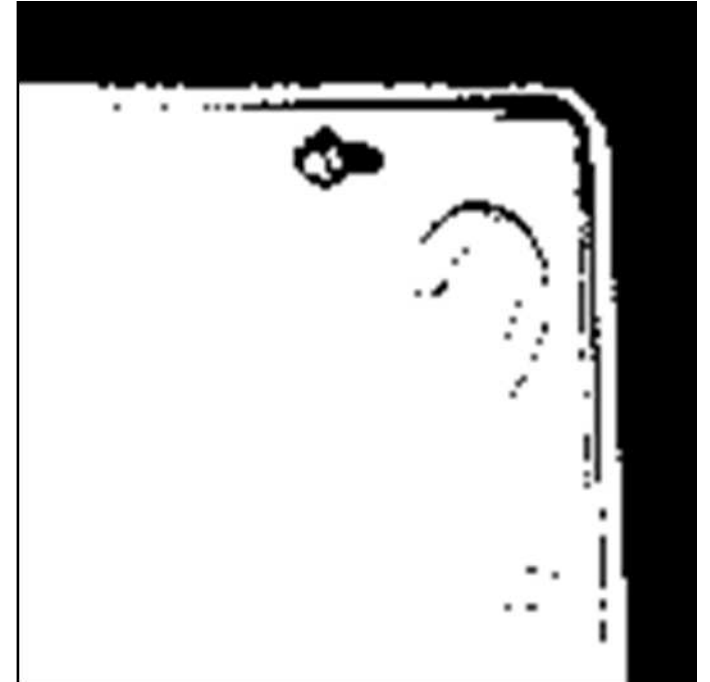
$$G(x, y) = \begin{cases} 0, & \text{si } I(x, y) \leq T \\ 1, & \text{si } I(x, y) > T \end{cases}$$

Para $I_{m \times n} \rightarrow G_{m \times n}$

5.1. Binarización (Cont.)



$$T = 150$$



5.1. Binarización (Cont.)



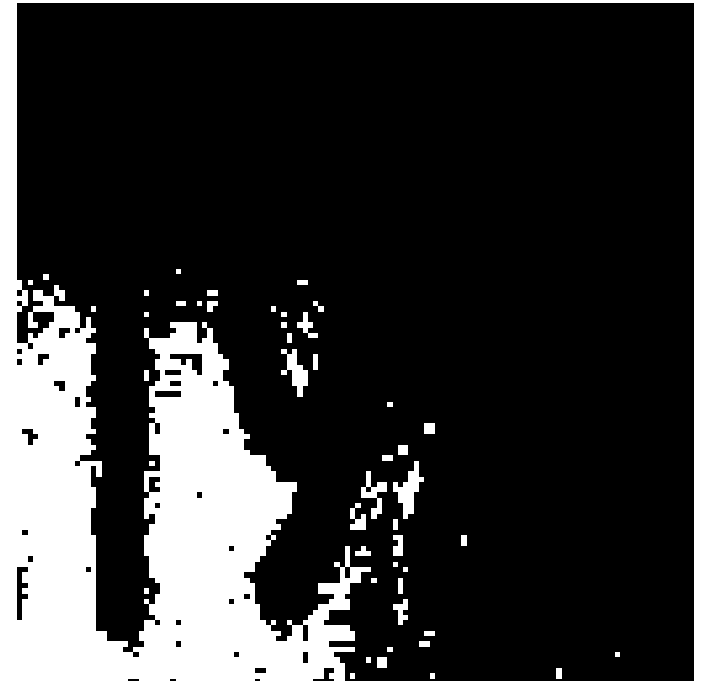
$$T = 200$$



5.1. Binarización (Cont.)



$$T = 250$$



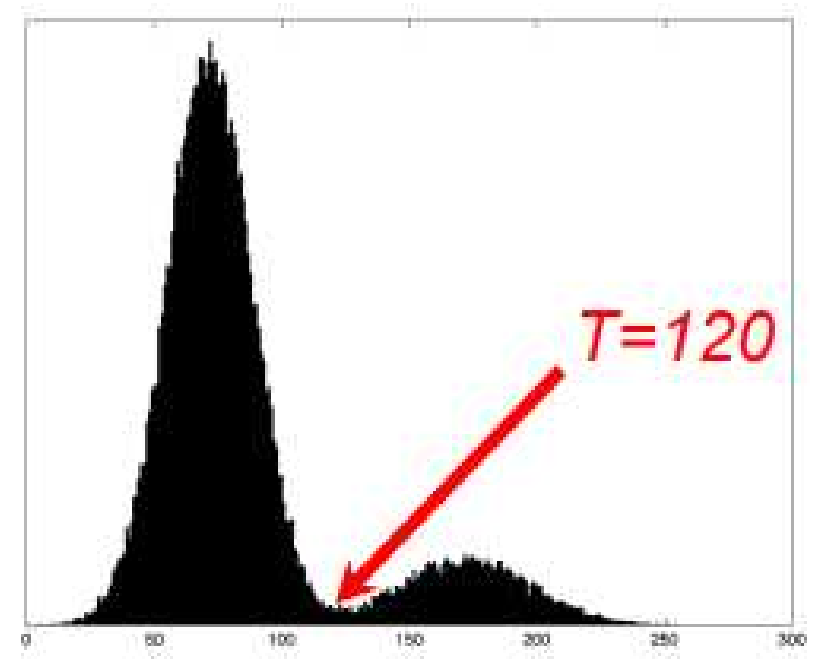


5.1. Binarización (Cont.)

- Problema: ¿Cómo encontrar el umbral adecuado?
 - Usando el histograma de la imagen
 - Existen varios métodos.

5.1. Binarización (Cont.)

- Suposición: histograma bimodal
- Uso de frecuencias relativas
- Histograma normalizado.
- Valor umbral debe ubicarse entre 2 máximos

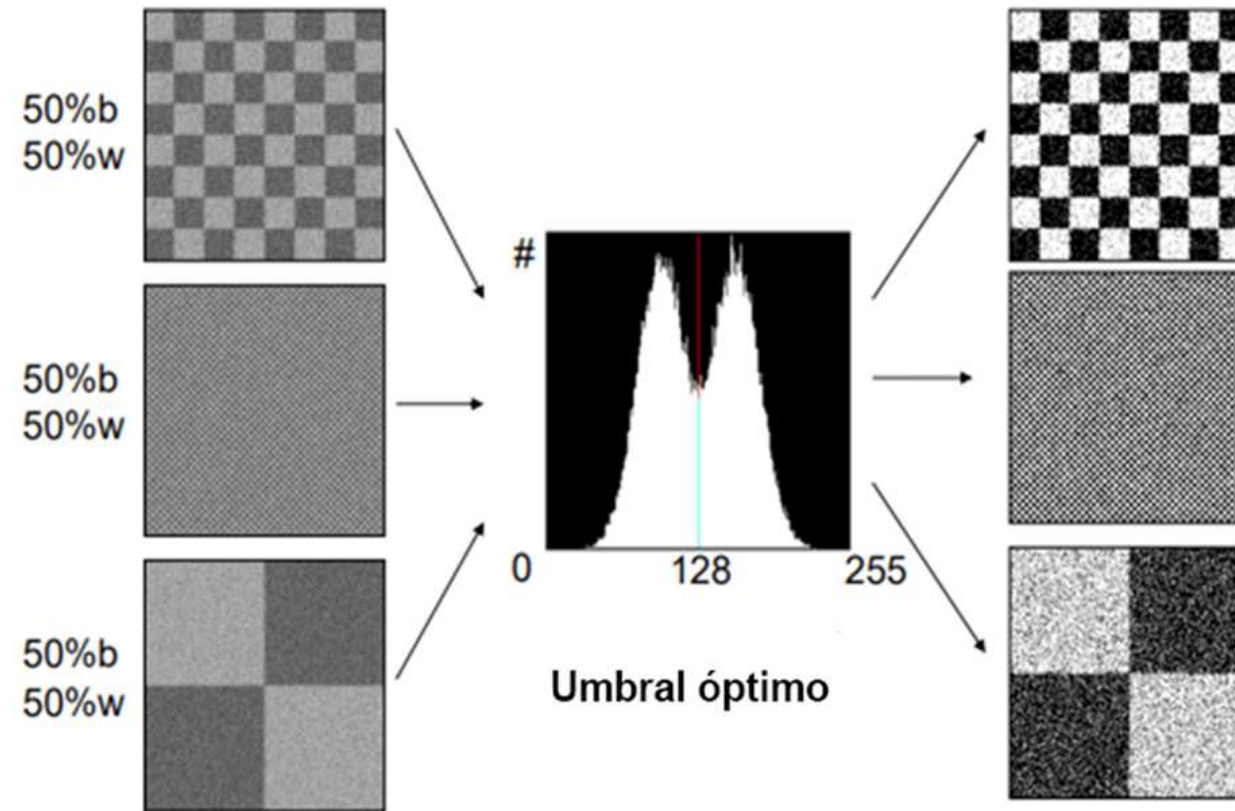




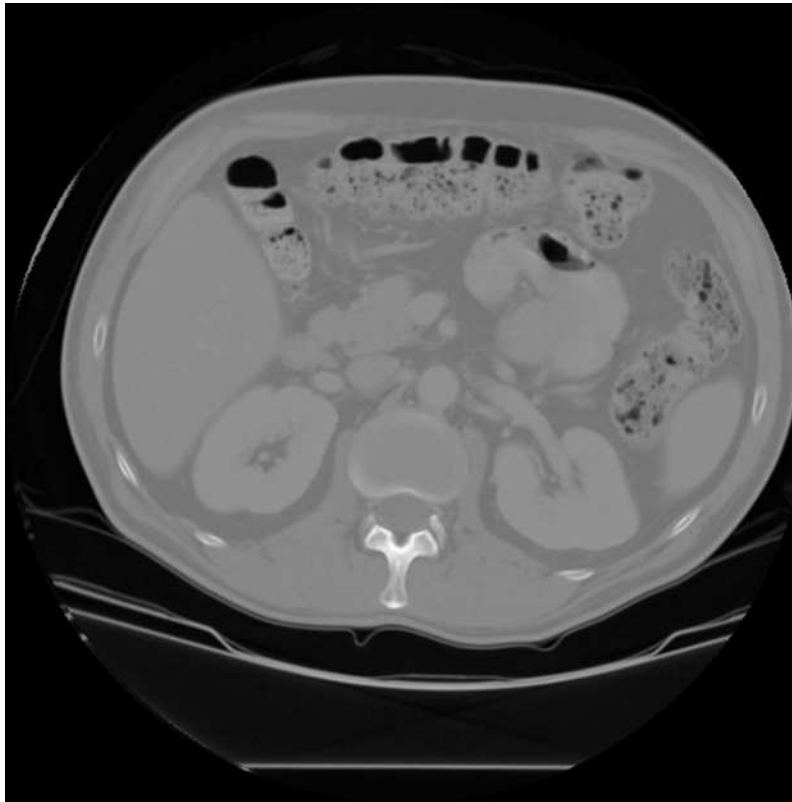
5.1.1. Método Otsu (Cont.)

- Procedimiento no paramétrico.
- Considera histograma bimodal.
- Considera dos grupos o clases.
- Selecciona el umbral óptimo maximizando la varianza entre clases mediante una búsqueda exhaustiva y minimiza la suma ponderada de las variaciones dentro de cada.
- Tipo: _____

5.1.1. Método Otsu (Cont.)



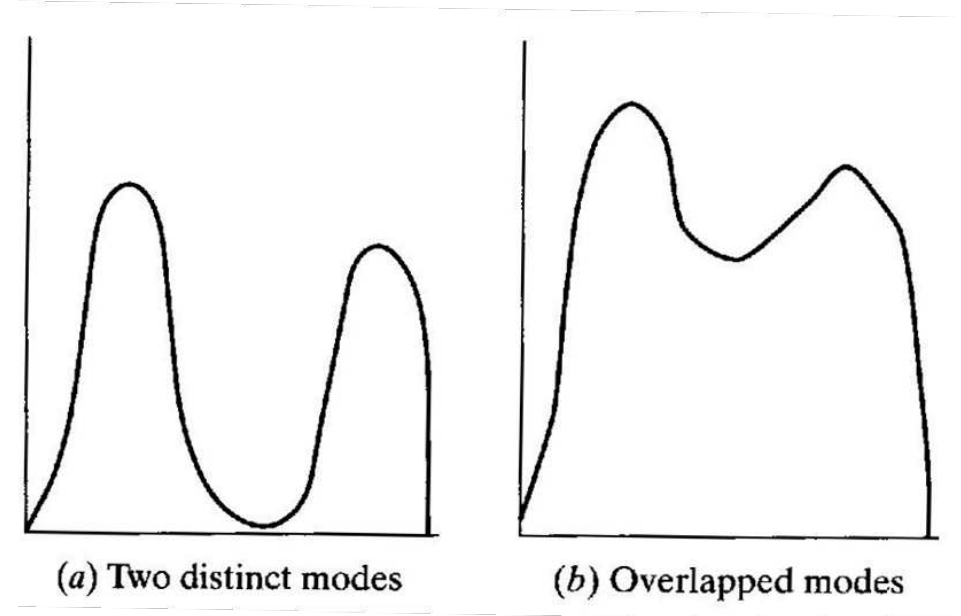
5.1.1. Método Otsu (Cont.)



5.1.1. Método Otsu (Cont.)

□ *Ventajas:*

- Buena respuesta del método frente condiciones inadecuadas: ruido, sin máximos y mínimos diferenciados, mala iluminación, entre otros.
- No precisa de supervisión humana, preprocesamiento u otro tipo de información acerca de la misma.





5.1.1. Método Otsu (Cont.)

□ Desventajas:

- A mayor número de clases en la imagen aumenta, el método necesita mucho más tiempo para seleccionar un umbral multinivel adecuado.



5.1.1. Método Otsu (Cont.)

■ Funcionamiento:

- Sea la imagen en escala de grises con N píxeles y L posibles niveles diferentes.
- Probabilidad de ocurrencia del nivel de gris i en la imagen:

$$p_i = \frac{f_i}{N}$$

Donde:

f_i : Frecuencia de repetición de nivel de gris i es como con $i = 1, 2, \dots, L$.

Es similar a _____

5.1.1. Método Otsu (Cont.)

Funcionamiento:

- Los píxeles se dividen en dos clases C_1 y C_2 , con niveles de gris y_1, y_2, \dots, y_t y $y_{t+1}, y_{t+2}, \dots, y_L$ respectivamente, donde las distribuciones de probabilidad de ambas clases son:

$$\begin{aligned} C_1 : & \frac{p_1}{\omega_1(t)}, \dots, \frac{p_t}{\omega_1(t)} \\ C_2 : & \frac{p_{t+1}}{\omega_2(t)}, \frac{p_{t+2}}{\omega_2(t)}, \dots, \frac{p_L}{\omega_2(t)} \end{aligned} \quad \text{Donde:} \quad \begin{aligned} \omega_1(t) &= \sum_{i=1}^t p_i \\ \omega_2(t) &= \sum_{i=t+1}^L p_i \end{aligned}$$



5.1.1. Método Otsu (Cont.)

□ Funcionamiento:

- El promedio ponderado para cada una de las clases se definen como:

$$\mu_1 = \sum_{i=1}^t \frac{i \cdot p_i}{\omega_1(t)} \qquad \mu_2 = \sum_{i=t+1}^L \frac{i \cdot p_i}{\omega_2(t)}$$

- La intensidad media total de la imagen es:

$$\omega_1 \cdot \mu_1 + \omega_2 \cdot \mu_2 = \mu_T \qquad \omega_1 + \omega_2 = 1$$



5.1.1. Método Otsu (Cont.)

□ Funcionamiento:

- El promedio ponderado para cada una de las clases se definen como:

$$\mu_1 = \sum_{i=1}^t \frac{i \cdot p_i}{\omega_1(t)} \qquad \mu_2 = \sum_{i=t+1}^L \frac{i \cdot p_i}{\omega_2(t)}$$

- La intensidad media total de la imagen es:

$$\omega_1 \cdot \mu_1 + \omega_2 \cdot \mu_2 = \mu_T \qquad \omega_1 + \omega_2 = 1$$

5.1.1. Método Otsu (Cont.)

■ Funcionamiento:

- Por medio del análisis discriminante, la varianza entre clases de una imagen umbraizada se define como:

$$\sigma_B^2 = \omega_1 \cdot (\mu_1 - \mu_T)^2 + \omega_2 \cdot (\mu_2 - \mu_T)^2$$

- Luego, se debe encontrar el umbral, t , que maximice la varianza (umbral óptimo).
- Luego, se debe encontrar el umbral, t , que maximice la varianza (umbral óptimo).

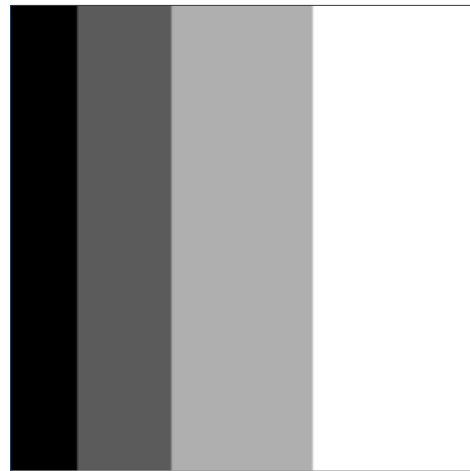
$$t^* = \underset{t}{\text{Max}} \{ \sigma_B^2(t) \}$$

Donde: $1 \leq t \leq L$

5.1.1. Método Otsu (Cont.)

□ Ejemplo:

- Sea la siguiente imagen con 4 tonalidades de gris.



$$L = 4 \rightarrow [0, 85, 171, 255]$$

$$f_0 = 10,$$

$$f_{85} = 20,$$

$$f_{171} = 30,$$

$$f_{255} = 40$$

$$N = 10 \times 10 = 100$$



5.1.1. Método Otsu (Cont.)

■ Ejemplo:

- Calcular los valores w_1 y w_2 para $t = 85$

$$C_1 \leftrightarrow [0,85] \quad C_2 \leftrightarrow [171,255]$$

$$\omega_1(t = 2) = \sum_{i=1}^t p_i = \frac{1}{10} + \frac{1}{5} = \frac{3}{10} \quad \omega_2(t = 2) = \sum_{i=t+1}^L p_i = \frac{3}{10} + \frac{4}{10} = \frac{7}{10}$$

5.1.1. Método Otsu (Cont.)

Ejemplo:

- Calcular la varianza entre clases para todo valor de umbral posible ($t =$
- Calcular la varianza entre clases para todo valor de umbral posible :

$$C_1: \frac{p_1}{\omega_1(t=2)}, \frac{p_2}{\omega_1(t=2)} = \left\{ \frac{1}{3}, \frac{2}{3} \right\} \quad C_2: \frac{p_3}{\omega_2(t=2)}, \frac{p_4}{\omega_2(t=2)} = \left\{ \frac{3}{7}, \frac{4}{7} \right\}$$

$$\mu_1 = \sum_{i=1}^t \frac{ip_i}{\omega_1(t=2)} = \frac{1}{3} + 2 \times \frac{2}{3} = \frac{5}{3}$$

$$\mu_2 = \sum_{i=t+1}^L \frac{ip_i}{\omega_2(t=2)} = 3 \times \frac{3}{7} + 4 \times \frac{4}{7} = \frac{25}{7}$$



5.1.1. Método Otsu (Cont.)

Ejemplo:

- Calcular la varianza entre clases para todo valor de umbral posible ($t =$
- Calcular la varianza entre clases para todo valor de umbral posible :

$$\mu_T = \omega_1(t = 2)\mu_1 + \omega_2(t = 2)\mu_2 = 3$$

$$\sigma_B^2 = \omega_1(t = 2)(\mu_1 - \mu_T)^2 + \omega_2(t = 2)(\mu_2 - \mu_T)^2 \approx 0.7619$$

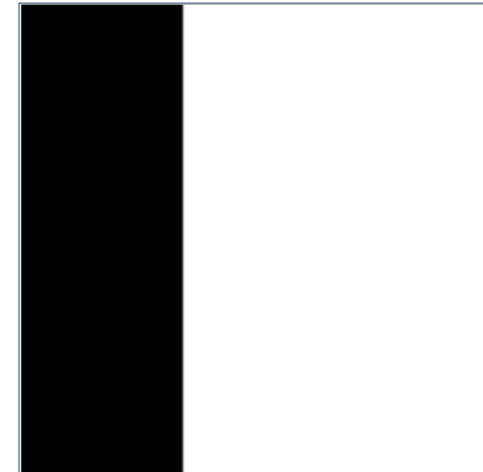
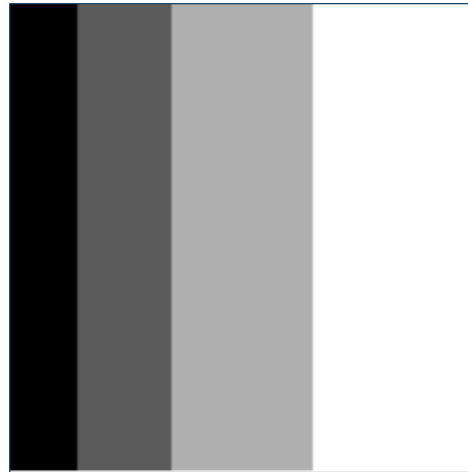
$$\sigma_B^2(t = 1) = 0.4444$$

$$\sigma_B^2(t = 3) = 0.6667$$

5.1.1. Método Otsu (Cont.)

■ Ejemplo:

- El mejor umbral para Otsu es: $t = 85$





GRACIAS..