



# Ciencia y Tecnología

Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación



CIMAT  
UNIDAD MÉRIDA

# PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

Dr. Francisco J. Hernández López  
SECIHTI – CIMAT-Mérida  
fcoj23@cimat.mx, [www.cimat.mx/~fcoj23](http://www.cimat.mx/~fcoj23)

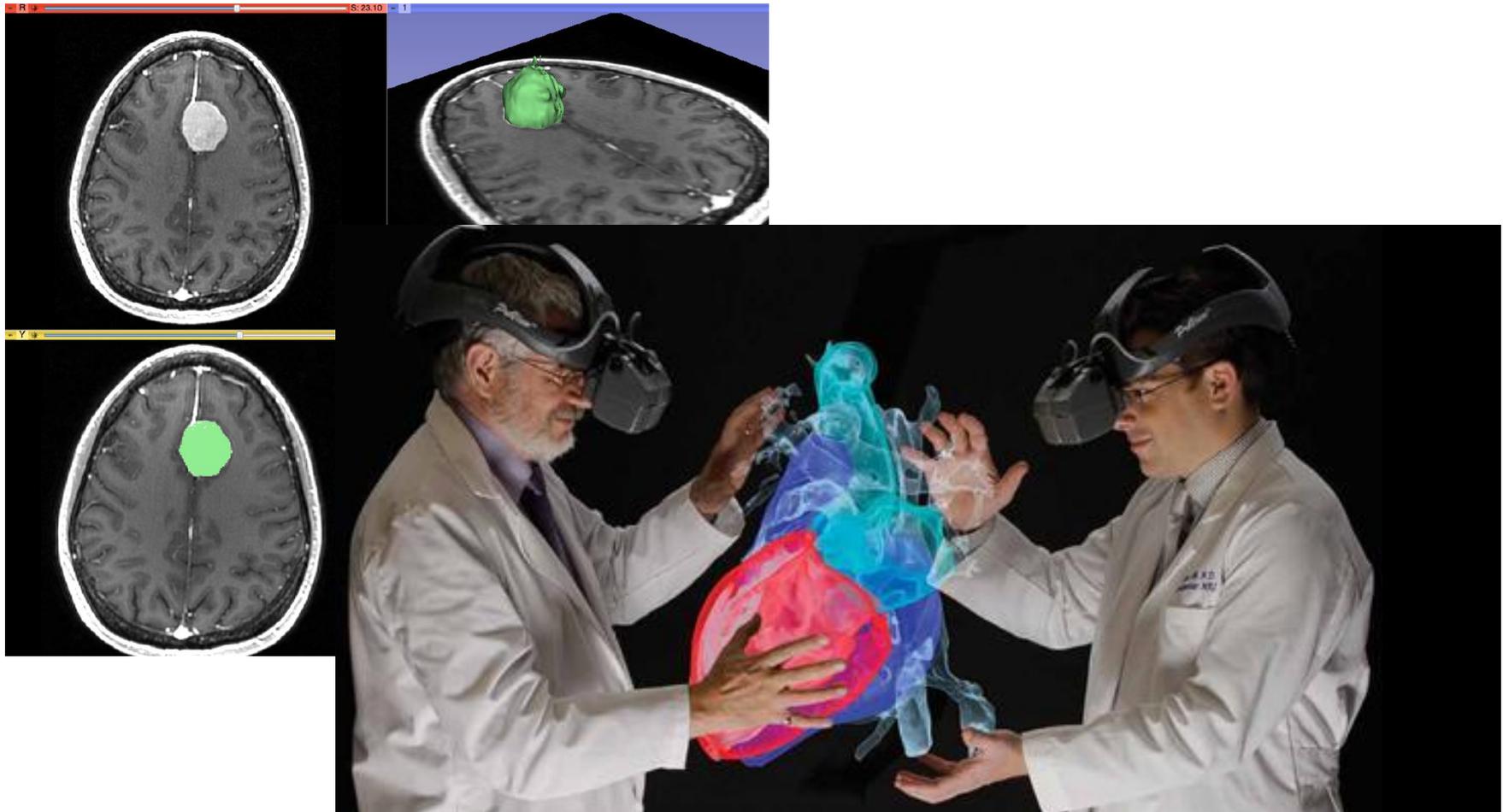


# PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

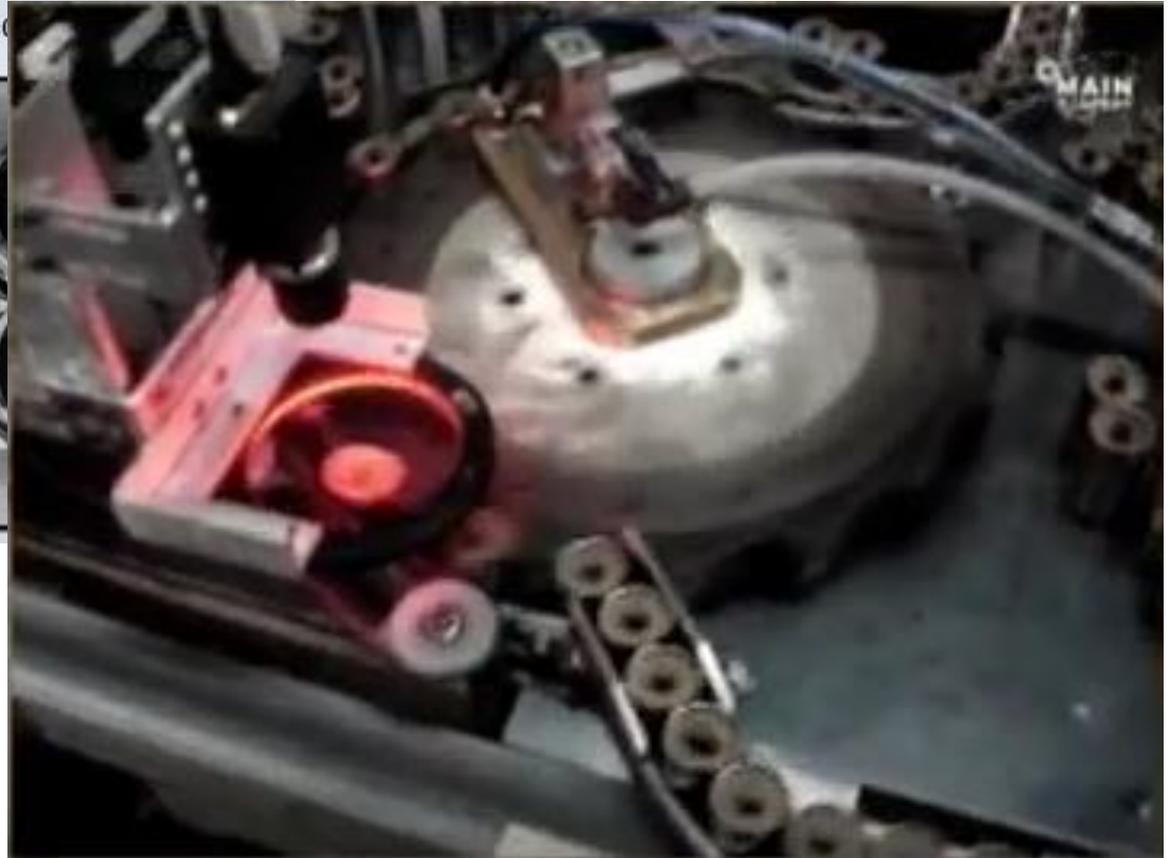
- Proceso computacional que transforma una o más imágenes de entrada en una imagen de salida.
- Se utiliza para analizar e interpretar la imagen, por medio de algoritmos que permiten resaltar sus principales características:
  - Bordes
  - Contraste
  - Puntos de interés
  - Etc.

Corke, Peter. *Robotics, vision and control: fundamental algorithms in MATLAB*. Vol. 73. Springer Science & Business Media, 2011.

# APLICACIONES MÉDICAS



# APLICACIONES EN LA INDUSTRIA



## Detección de pilas defectuosas

<https://www.youtube.com/watch?v=y6wzRThO7vM>

# APLICACIONES DE SEGURIDAD-VIGILANCIA



# ENTRETENIMIENTO



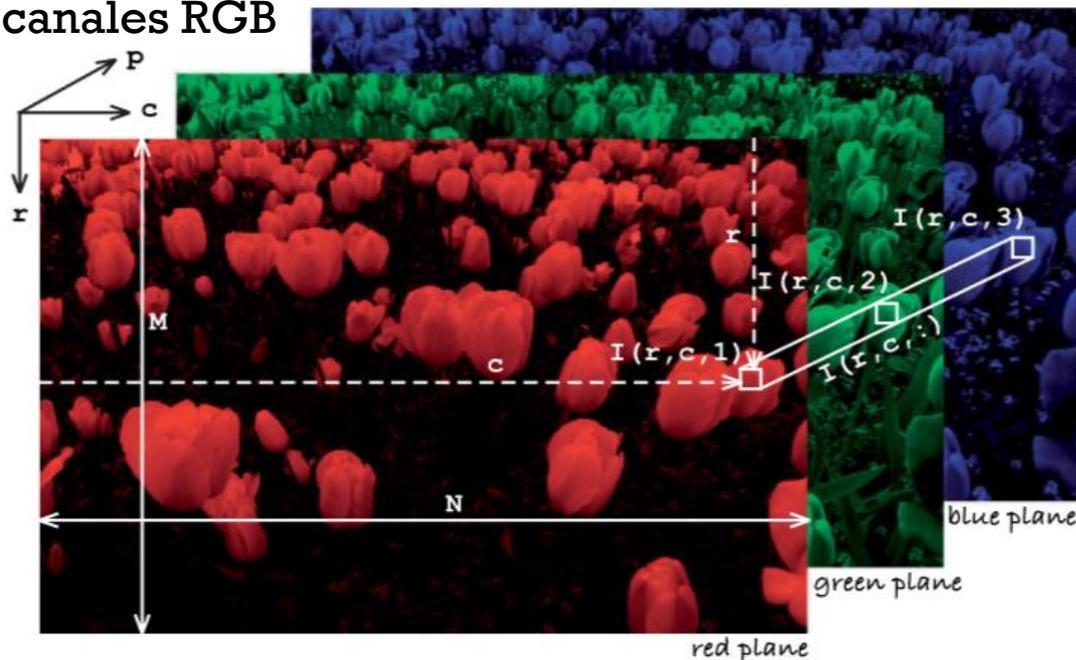
# IMAGEN

- Arreglo rectangular de elementos (píxeles)
- En escala de gris es una función de dos variables:
  - $l$  para columnas (“c”)
  - $l$  para renglones (“r”)



# IMAGEN RGB

- Es una función de tres variables:
  - 1 para columnas (“c”)
  - 1 para renglones (“r”)
  - 1 para los canales RGB



Estructura de una imagen de 3 dimensiones: fila, columna y color. Peter Corke. 2011.



|   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Imagen Binaria



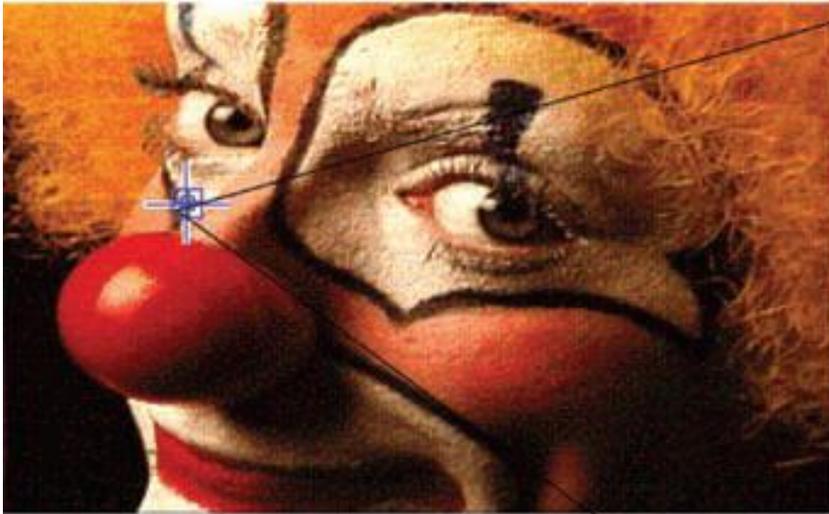
|     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 255 | 255 | 255 | 255 | 255 | 195 |
| 255 | 255 | 255 | 242 | 129 | 50  |
| 255 | 255 | 185 | 61  | 68  | 110 |
| 255 | 133 | 42  | 86  | 109 | 110 |
| 112 | 56  | 99  | 107 | 98  | 109 |
| 66  | 98  | 98  | 97  | 109 | 104 |

Imagen en escala de grises

Marques, O. (2011). *Practical image and video processing using MATLAB*. Hoboken, NJ: Wiley-IEEE Press.

Procesamiento de Imágenes. Francisco J. Hernández-López

Ene-Jun 2025



|                                    |                                    |                                    |                                    |
|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| <73><br>R:1.00<br>G:0.70<br>B:0.58 | <80><br>R:1.00<br>G:1.00<br>B:0.87 | <80><br>R:1.00<br>G:1.00<br>B:0.87 | <80><br>R:1.00<br>G:1.00<br>B:0.87 |
| <73><br>R:1.00<br>G:0.70<br>B:0.58 | <80><br>R:1.00<br>G:1.00<br>B:0.87 | <77><br>R:1.00<br>G:0.87<br>B:0.70 | <80><br>R:1.00<br>G:1.00<br>B:0.87 |
| <37><br>R:0.58<br>G:0.41<br>B:0.29 | <77><br>R:1.00<br>G:0.87<br>B:0.70 | <80><br>R:1.00<br>G:1.00<br>B:0.87 | <80><br>R:1.00<br>G:1.00<br>B:0.87 |
| <22><br>R:0.41<br>G:0.29<br>B:0.12 | <80><br>R:1.00<br>G:1.00<br>B:0.87 | <77><br>R:1.00<br>G:0.87<br>B:0.70 | <80><br>R:1.00<br>G:1.00<br>B:0.87 |

Imagen a color RGB



(a)



(b)



(c)



(d)

(a) Imagen en RGB. (b) Canal R. (c) Canal G. (d) Canal B

Marques, O. (2011). *Practical image and video processing using MATLAB*. Hoboken, NJ: Wiley-IEEE Press.

Procesamiento de Imágenes. Francisco J. Hernández-López

Ene-Jun 2025

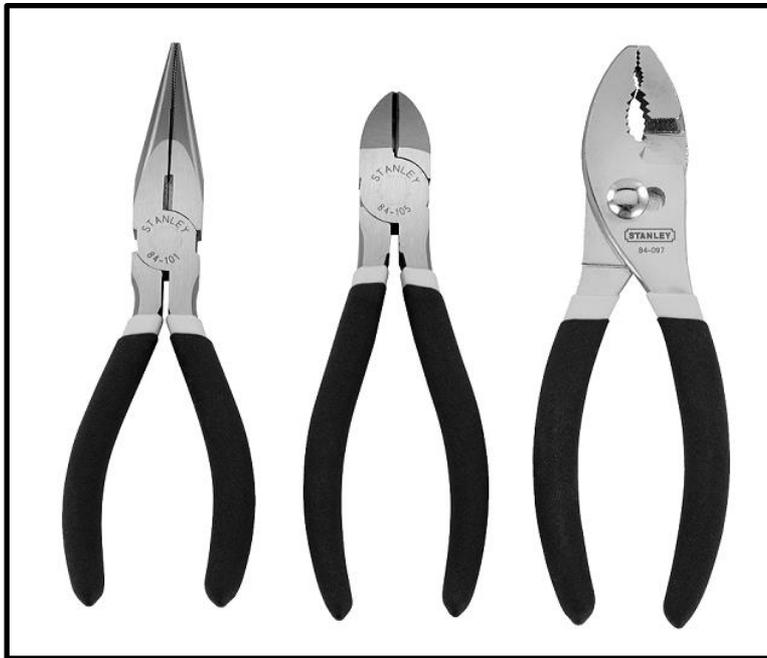
# OBTENER UNA IMAGEN

- A partir de archivos
  - MatLab:
    - `I1=imread('flowers8.png');`
  - OpenCV:
    - `Image = cv::imread("flowers8.png");`
- A partir de una cámara
  - MatLab:
    - `obj=videoinput('winvideo',1);`
    - `frame = getsnapshot(obj);`
  - OpenCV:
    - `cv::VideoCapture capture;`
    - `capture.open(0);`

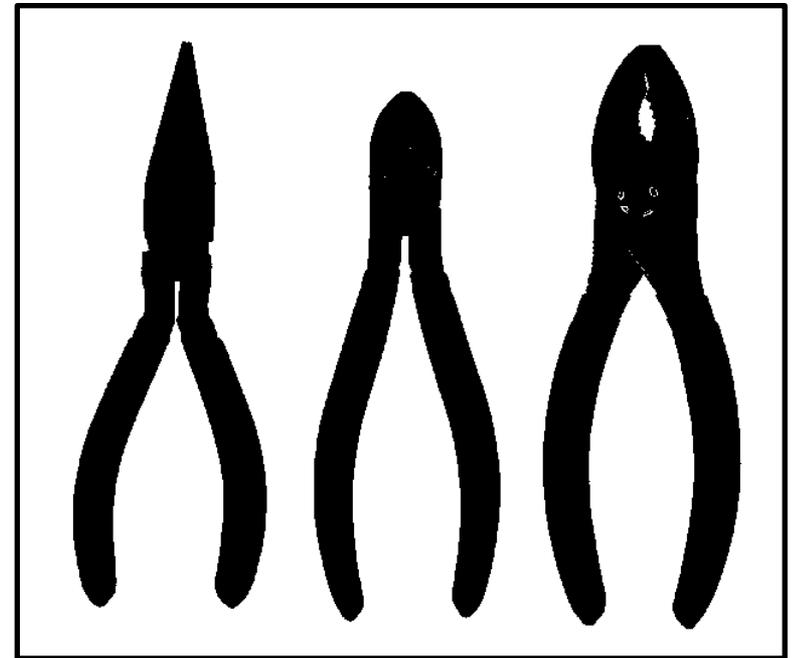
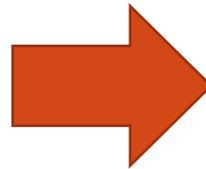
# OBTENER UNA IMAGEN (C1)

- A partir de un archivo de video
  - MatLab:
    - `video=VideoReader('highway.avi');`
    - `frame=read(video,frame_number);`
  - OpenCV:
    - `cv::VideoCapture capture;`
    - `capture.open("highway.avi");`

# UMBRAL



*I*



*O*

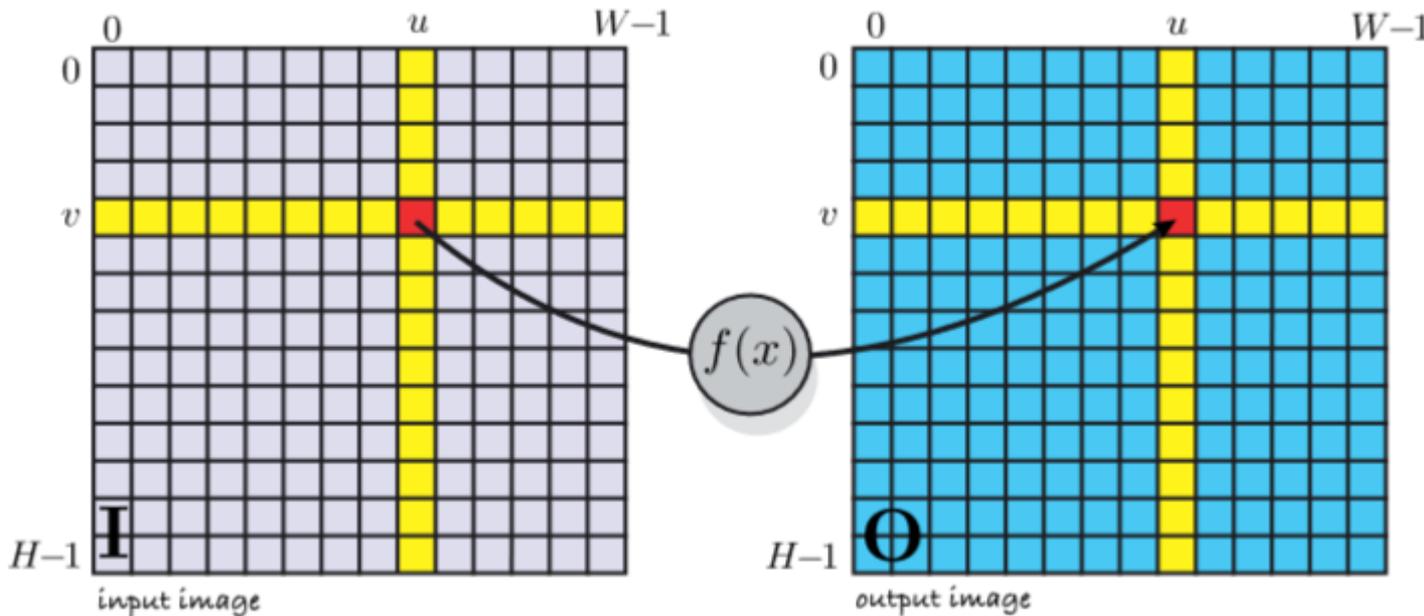
$$O(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{si } I(x, y) > T \\ 0 & \text{si } I(x, y) \leq T \end{cases}$$

Con  $T$  un valor dentro del rango dinámico de  $I$ .

# OPERACIONES MONÁDICAS

- El resultado es una imagen del mismo tamaño que la imagen de entrada
- Cada pixel de salida es una función del correspondiente pixel de entrada:

$$O[u, v] = f(I[u, v]), \forall (u, v) \in I$$



Ejemplos:

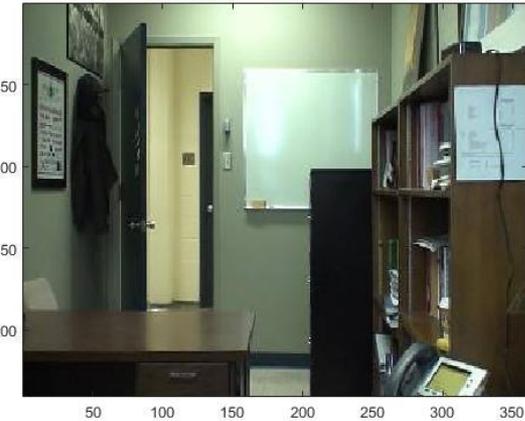
- $I * \text{escalar}$
- $\text{abs}(I)$
- $\text{sqrt}(I)$
- Etc.

Operaciones monádicas. Peter Corke. 2011.

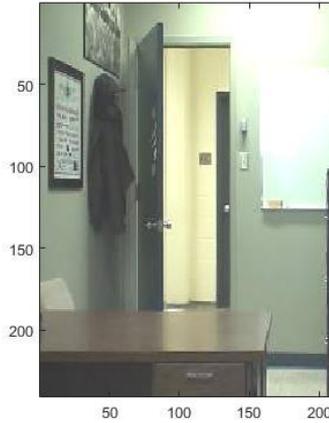
# CAMBIAR EL BRILLO A UNA IMAGEN

$$I + \text{escalar}$$

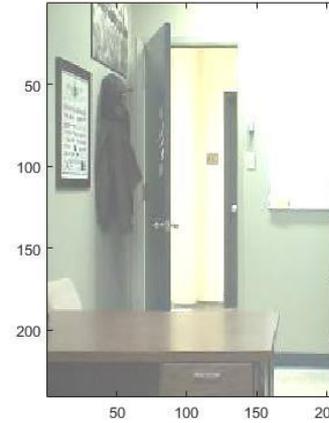
$I$



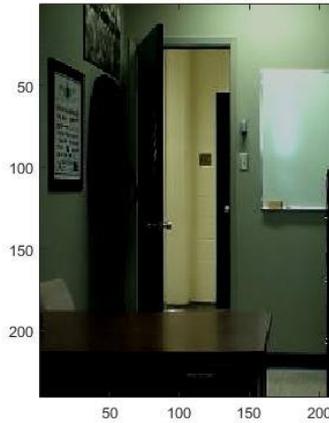
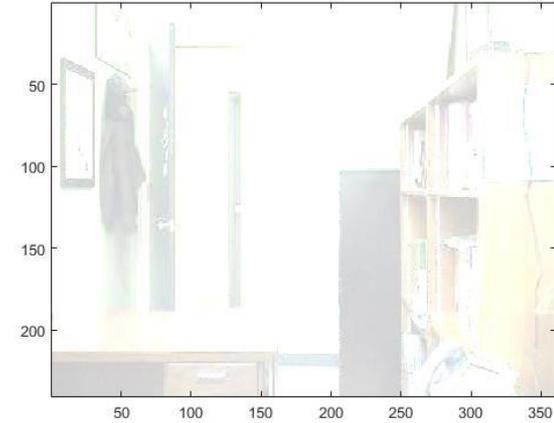
$I + 50$



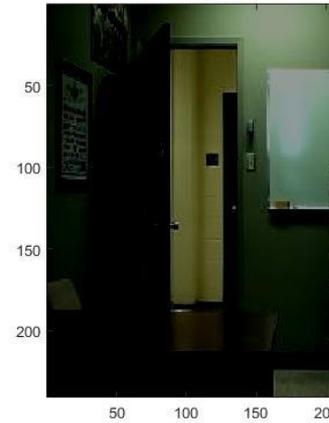
$I + 100$



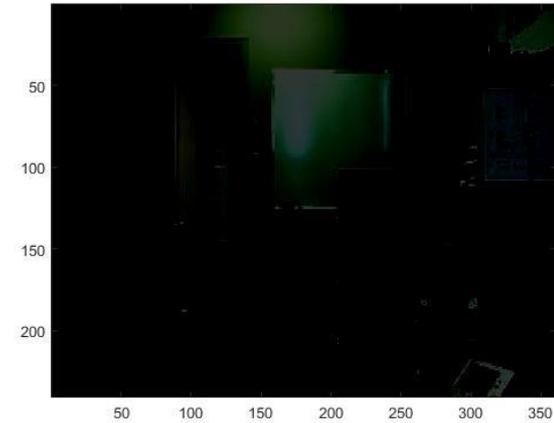
$I + 200$



$I - 50$



$I - 100$

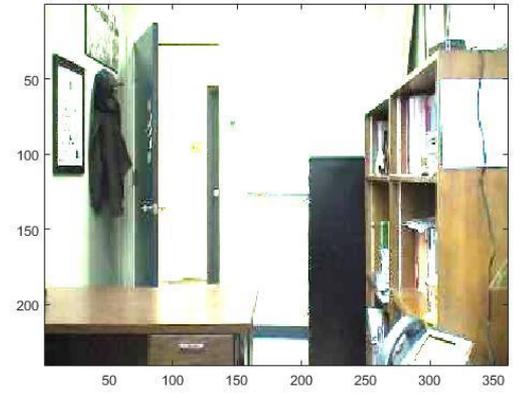
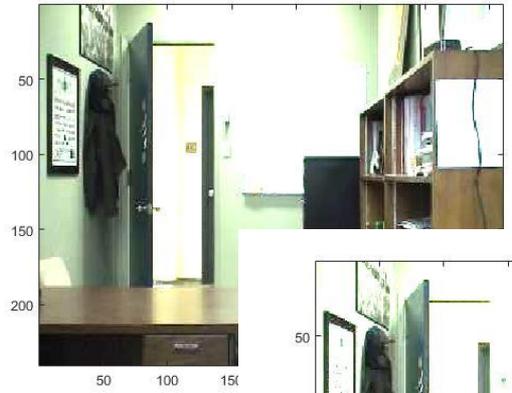
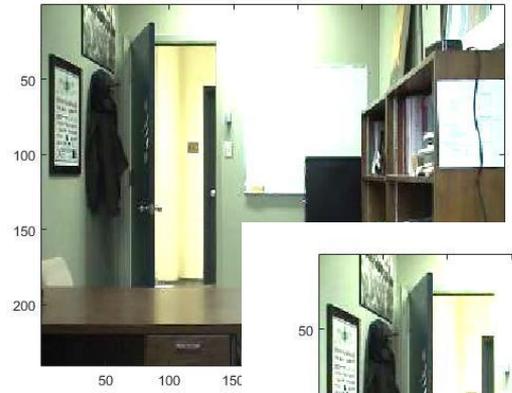
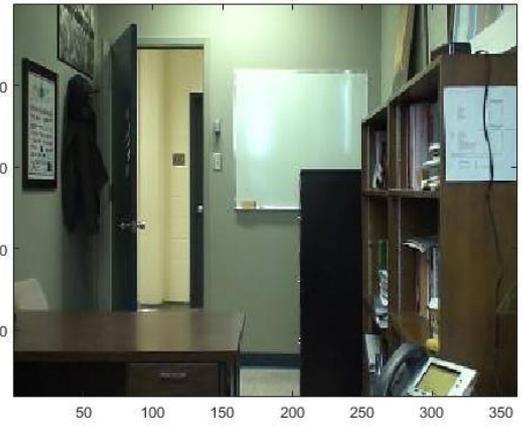


$I - 200$

# CAMBIAR EL CONTRASTE A UNA IMAGEN

$$I * \text{escalar}$$

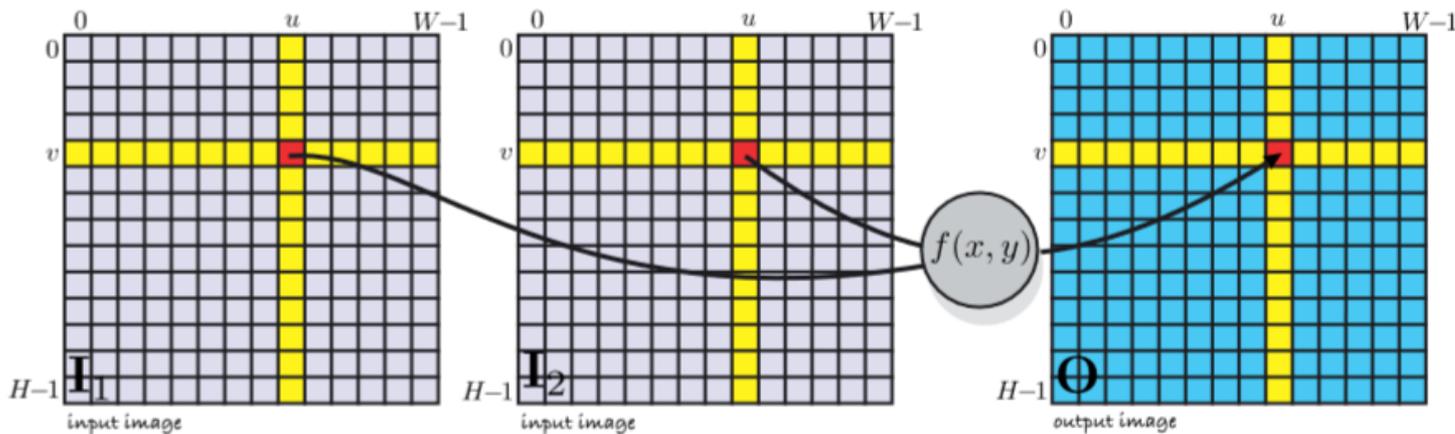
*I*



# OPERACIONES DIÁDICAS

- Cada pixel de salida es una función de los correspondientes pixeles en las dos imágenes de entrada:

$$O[u, v] = f(I_1[u, v], I_2(u, v)), \forall (u, v) \in I_1$$

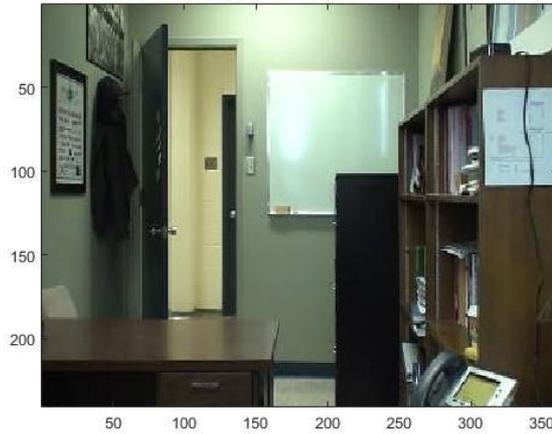


Ejemplos:

- $I_1 + I_2$
- $I_1 - I_2$
- $I_1 .* I_2$
- Etc.

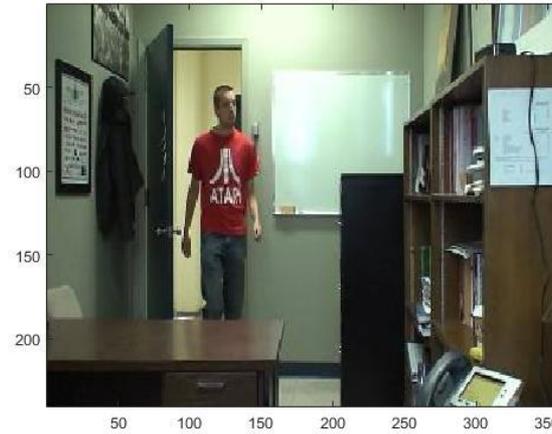
Operaciones diádicas. Peter Corke. 2011.

# SUMAR DOS IMÁGENES $I_3 = I_1 + I_2$



$I_1$

+



$I_2$

=



$I_3$  con uint8

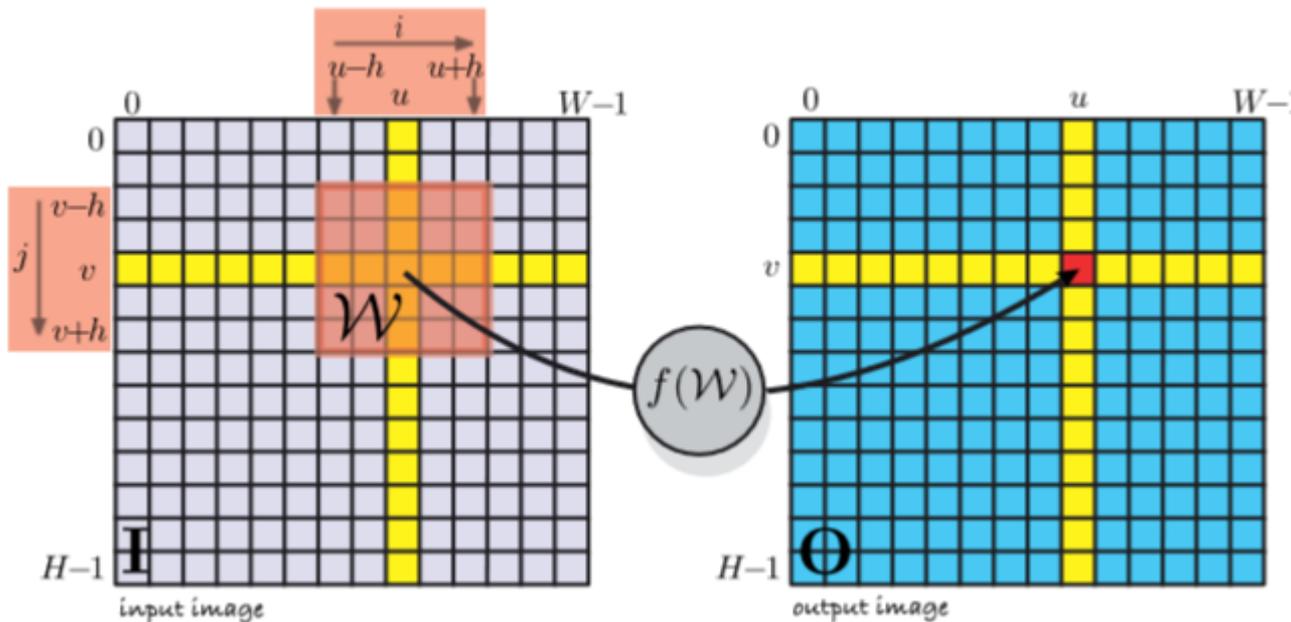


$I_3$  con double

# OPERACIONES DE VENTANA

- Cada pixel de salida es una función de los pixeles de una cierta ventana o región:

$$O[u, v] = f(I[u + i, v + j]), \forall (i, j) \in \mathcal{W}, \forall (u, v) \in I, i, j \in [-h, h]$$



Lineales:

- Suavizadores
- Detección de bordes, etc.

No lineales:

- Filtro de rango
- Emparejamiento
- Etc.

Operaciones espaciales. Peter Corke. 2011.

# CORRELACIÓN

- Operador espacial lineal:

$$O[u, v] = \sum_{(i,j) \in \mathcal{W}} I[u + i, v + j]K[i, j], \quad \forall (u, v) \in I, i, j \in [-h, h]$$

donde  $K \in \mathbb{R}^{w \times w}$  es un kernel.

- Para una imagen de tamaño  $N \times N$ , se requiere  $w^2 N^2$  multiplicaciones y sumas

# CONVOLUCIÓN

- Operador espacial lineal  $O = I \otimes K$ :

$$O[u, v] = \sum_{(i,j) \in \mathcal{W}} I[u - i, v - j] K[i, j], \quad \forall (u, v) \in I, i, j \in [-h, h]$$

donde  $K \in \mathbb{R}^{w \times w}$  es un kernel de convolución

- Si el kernel es simétrico entonces la convolución es igual a la correlación
- Propiedades:
  - Conmutativo  $A \otimes B = B \otimes A$
  - Asociativo  $A \otimes B \otimes C = (A \otimes B) \otimes C = A \otimes (B \otimes C)$
  - Distributivo  $A \otimes (\alpha B) = \alpha(A \otimes B)$
  - Lineal  $A \otimes (B + C) = A \otimes B + A \otimes C$

# CORRELACIÓN

|          |          |          |          |          |          |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| $I(1,1)$ | $I(1,2)$ | $I(1,3)$ | $I(1,4)$ | $I(1,5)$ | $I(1,6)$ |
| $I(2,1)$ | $I(2,2)$ | $I(2,3)$ | $I(2,4)$ | $I(2,5)$ | $I(2,6)$ |
| $I(3,1)$ | $I(3,2)$ | $I(3,3)$ | $I(3,4)$ | $I(3,5)$ | $I(3,6)$ |
| $I(4,1)$ | $I(4,2)$ | $I(4,3)$ | $I(4,4)$ | $I(4,5)$ | $I(4,6)$ |
| $I(5,1)$ | $I(5,2)$ | $I(5,3)$ | $I(5,4)$ | $I(5,5)$ | $I(5,6)$ |

$I$

|          |          |          |
|----------|----------|----------|
| $K(1,1)$ | $K(1,2)$ | $K(1,3)$ |
| $K(2,1)$ | $K(2,2)$ | $K(2,3)$ |
| $K(3,1)$ | $K(3,2)$ | $K(3,3)$ |

$K$

Ventana  $W$

|          |          |          |          |          |          |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| $O(1,1)$ | $O(1,2)$ | $O(1,3)$ | $O(1,4)$ | $O(1,5)$ | $O(1,6)$ |
| $O(2,1)$ | $O(2,2)$ | $O(2,3)$ | $O(2,4)$ | $O(2,5)$ | $O(2,6)$ |
| $O(3,1)$ | $O(3,2)$ | $O(3,3)$ | $O(3,4)$ | $O(3,5)$ | $O(3,6)$ |
| $O(4,1)$ | $O(4,2)$ | $O(4,3)$ | $O(4,4)$ | $O(4,5)$ | $O(4,6)$ |
| $O(5,1)$ | $O(5,2)$ | $O(5,3)$ | $O(5,4)$ | $O(5,5)$ | $O(5,6)$ |

$O$

$$\begin{aligned} O(3,3) = & I(2,2) * K(1,1) + I(2,3) * K(1,2) + I(2,4) * K(1,3) + \\ & I(3,2) * K(2,1) + I(3,3) * K(2,2) + I(3,4) * K(2,3) + \\ & I(4,2) * K(3,1) + I(4,3) * K(3,2) + I(4,4) * K(3,3) \end{aligned}$$

# CONVOLUCIÓN

|          |          |          |          |          |          |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| $I(1,1)$ | $I(1,2)$ | $I(1,3)$ | $I(1,4)$ | $I(1,5)$ | $I(1,6)$ |
| $I(2,1)$ | $I(2,2)$ | $I(2,3)$ | $I(2,4)$ | $I(2,5)$ | $I(2,6)$ |
| $I(3,1)$ | $I(3,2)$ | $I(3,3)$ | $I(3,4)$ | $I(3,5)$ | $I(3,6)$ |
| $I(4,1)$ | $I(4,2)$ | $I(4,3)$ | $I(4,4)$ | $I(4,5)$ | $I(4,6)$ |
| $I(5,1)$ | $I(5,2)$ | $I(5,3)$ | $I(5,4)$ | $I(5,5)$ | $I(5,6)$ |

$I$

|          |          |          |
|----------|----------|----------|
| $K(1,1)$ | $K(1,2)$ | $K(1,3)$ |
| $K(2,1)$ | $K(2,2)$ | $K(2,3)$ |
| $K(3,1)$ | $K(3,2)$ | $K(3,3)$ |

$K$

Ventana  $W$

|          |          |          |          |          |          |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| $O(1,1)$ | $O(1,2)$ | $O(1,3)$ | $O(1,4)$ | $O(1,5)$ | $O(1,6)$ |
| $O(2,1)$ | $O(2,2)$ | $O(2,3)$ | $O(2,4)$ | $O(2,5)$ | $O(2,6)$ |
| $O(3,1)$ | $O(3,2)$ | $O(3,3)$ | $O(3,4)$ | $O(3,5)$ | $O(3,6)$ |
| $O(4,1)$ | $O(4,2)$ | $O(4,3)$ | $O(4,4)$ | $O(4,5)$ | $O(4,6)$ |
| $O(5,1)$ | $O(5,2)$ | $O(5,3)$ | $O(5,4)$ | $O(5,5)$ | $O(5,6)$ |

$O$

$$\begin{aligned}
 O(3,3) = & I(4,4) * K(1,1) + I(4,3) * K(1,2) + I(4,2) * K(1,3) + \\
 & I(3,4) * K(2,1) + I(3,3) * K(2,2) + I(3,2) * K(2,3) + \\
 & I(2,4) * K(3,1) + I(2,3) * K(3,2) + I(2,2) * K(3,3)
 \end{aligned}$$

# CONVOLUCIÓN

correlación con kernel girado

|          |          |          |          |          |          |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| $I(1,1)$ | $I(1,2)$ | $I(1,3)$ | $I(1,4)$ | $I(1,5)$ | $I(1,6)$ |
| $I(2,1)$ | $I(2,2)$ | $I(2,3)$ | $I(2,4)$ | $I(2,5)$ | $I(2,6)$ |
| $I(3,1)$ | $I(3,2)$ | $I(3,3)$ | $I(3,4)$ | $I(3,5)$ | $I(3,6)$ |
| $I(4,1)$ | $I(4,2)$ | $I(4,3)$ | $I(4,4)$ | $I(4,5)$ | $I(4,6)$ |
| $I(5,1)$ | $I(5,2)$ | $I(5,3)$ | $I(5,4)$ | $I(5,5)$ | $I(5,6)$ |

$I$

|          |          |          |
|----------|----------|----------|
| $K(3,3)$ | $K(3,2)$ | $K(3,1)$ |
| $K(2,3)$ | $K(2,2)$ | $K(2,1)$ |
| $K(1,3)$ | $K(1,2)$ | $K(1,1)$ |

$K$

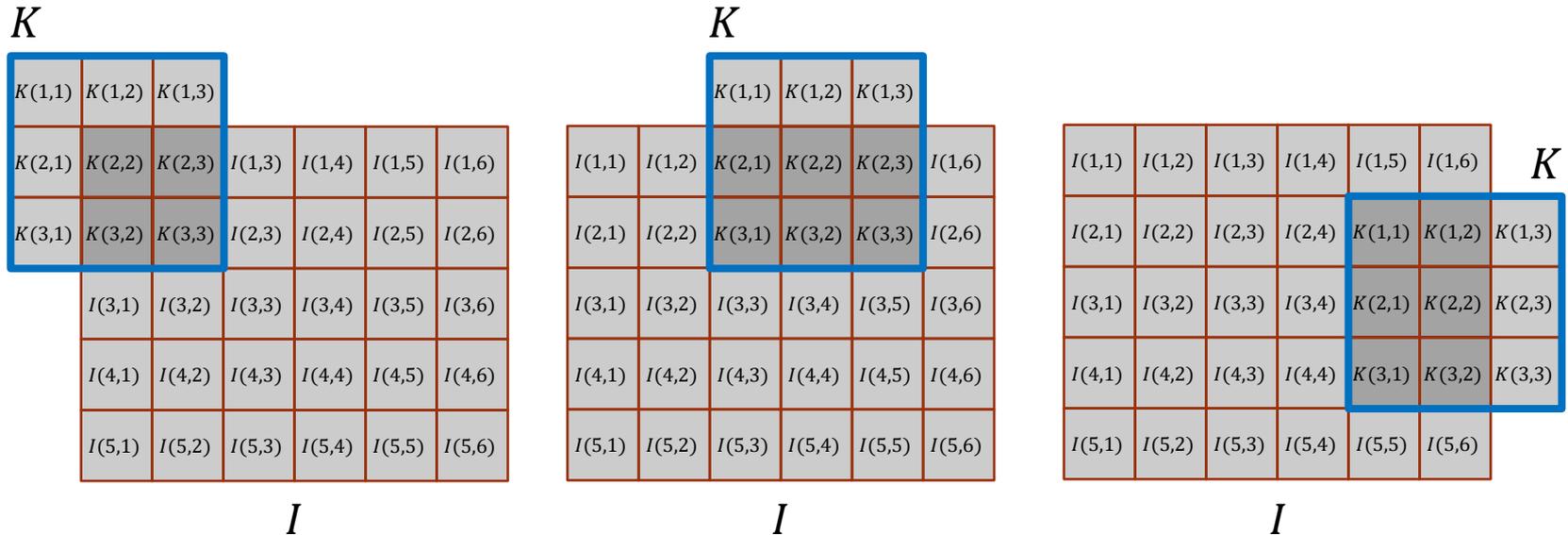
Ventana  $W$

|          |          |          |          |          |          |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| $O(1,1)$ | $O(1,2)$ | $O(1,3)$ | $O(1,4)$ | $O(1,5)$ | $O(1,6)$ |
| $O(2,1)$ | $O(2,2)$ | $O(2,3)$ | $O(2,4)$ | $O(2,5)$ | $O(2,6)$ |
| $O(3,1)$ | $O(3,2)$ | $O(3,3)$ | $O(3,4)$ | $O(3,5)$ | $O(3,6)$ |
| $O(4,1)$ | $O(4,2)$ | $O(4,3)$ | $O(4,4)$ | $O(4,5)$ | $O(4,6)$ |
| $O(5,1)$ | $O(5,2)$ | $O(5,3)$ | $O(5,4)$ | $O(5,5)$ | $O(5,6)$ |

$O$

$$O(3,3) = I(4,4) * K(1,1) + I(4,3) * K(1,2) + I(4,2) * K(1,3) + I(3,4) * K(2,1) + I(3,3) * K(2,2) + I(3,2) * K(2,3) + I(2,4) * K(3,1) + I(2,3) * K(3,2) + I(2,2) * K(3,3)$$

# ¿QUÉ HACER CUANDO ESTAMOS PROCESANDO UN PIXEL DE ALGUNA ORILLA DE LA IMAGEN?



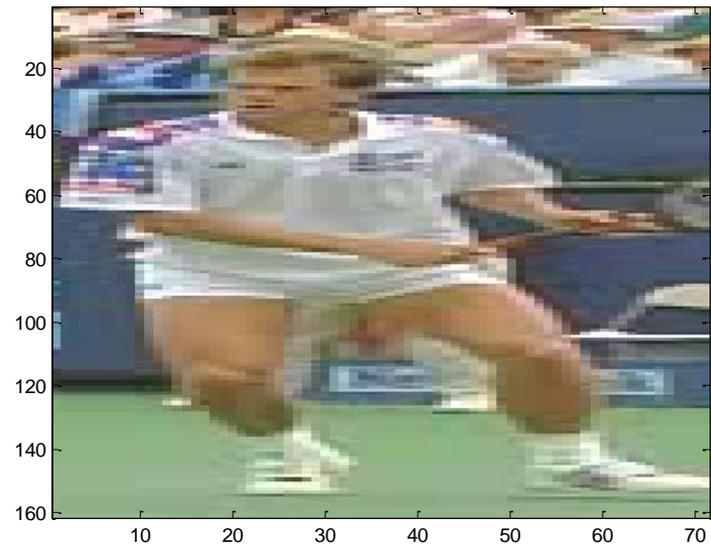
- Dejar un margen del tamaño del radio de  $K$
- Asignar ceros a los lugares donde no hay información
- Considerar que la imagen es circular, ej.  $I(1,7) = I(1,1)$
- Considerar que la imagen se refleja, ej.  $I(1,7) = I(1,6)$

# CORTAR IMAGEN

- `Image=imread('tenis.bmp');`
- `subImage=Image(50:210,200:270,:);`



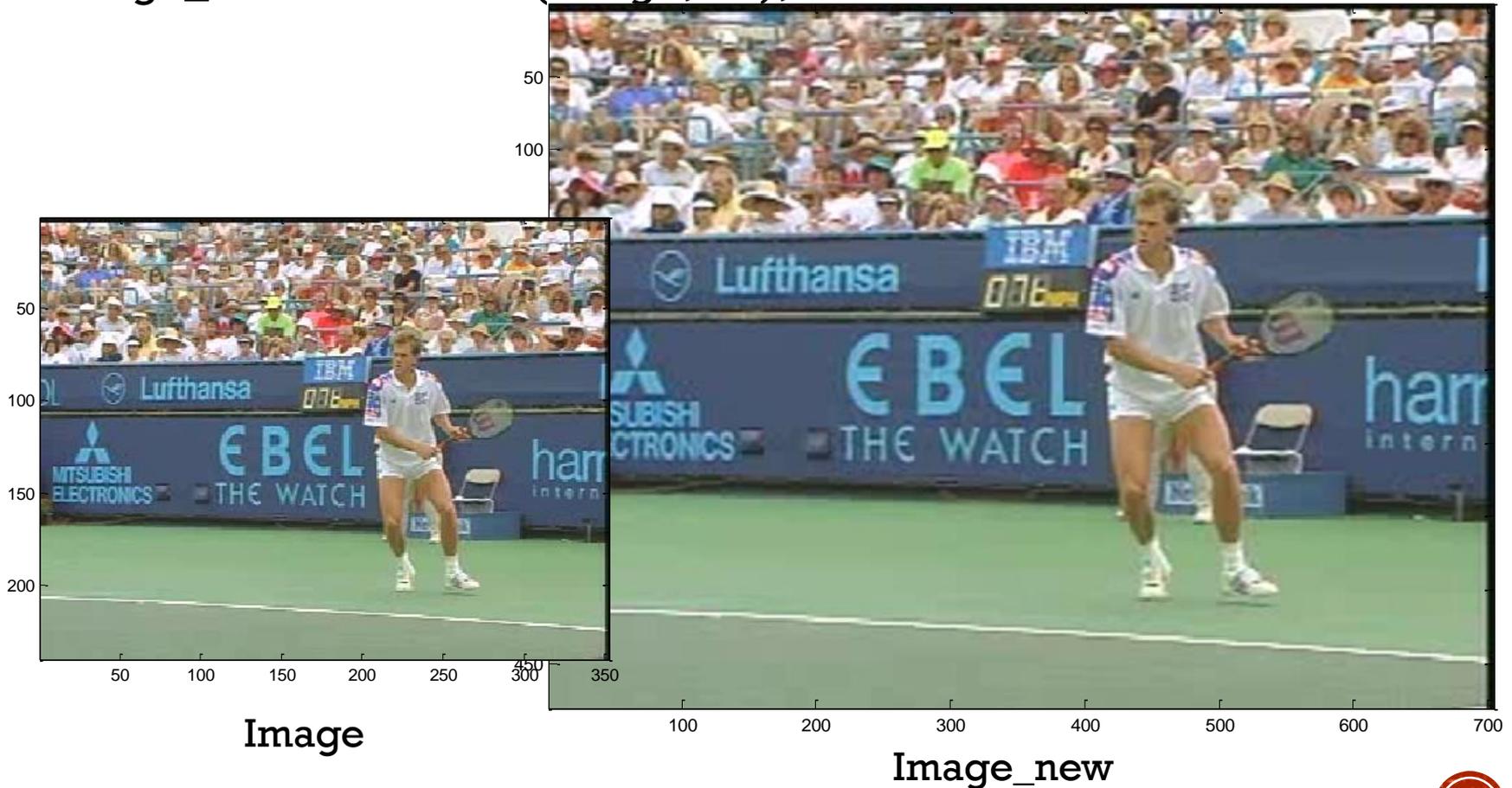
Image



subImage

# CAMBIAR DE TAMAÑO (ESCALAR)

➤ `Image_new = imresize(Image,2.0);`



# PIRÁMIDE DE UNA IMAGEN

- $I_2 = \text{impyramid}(\text{Image}, \text{'reduce'})$ ;
- $I_3 = \text{impyramid}(I_2, \text{'reduce'})$ ;
- $I_4 = \text{impyramid}(I_3, \text{'reduce'})$ ;



Image



I2



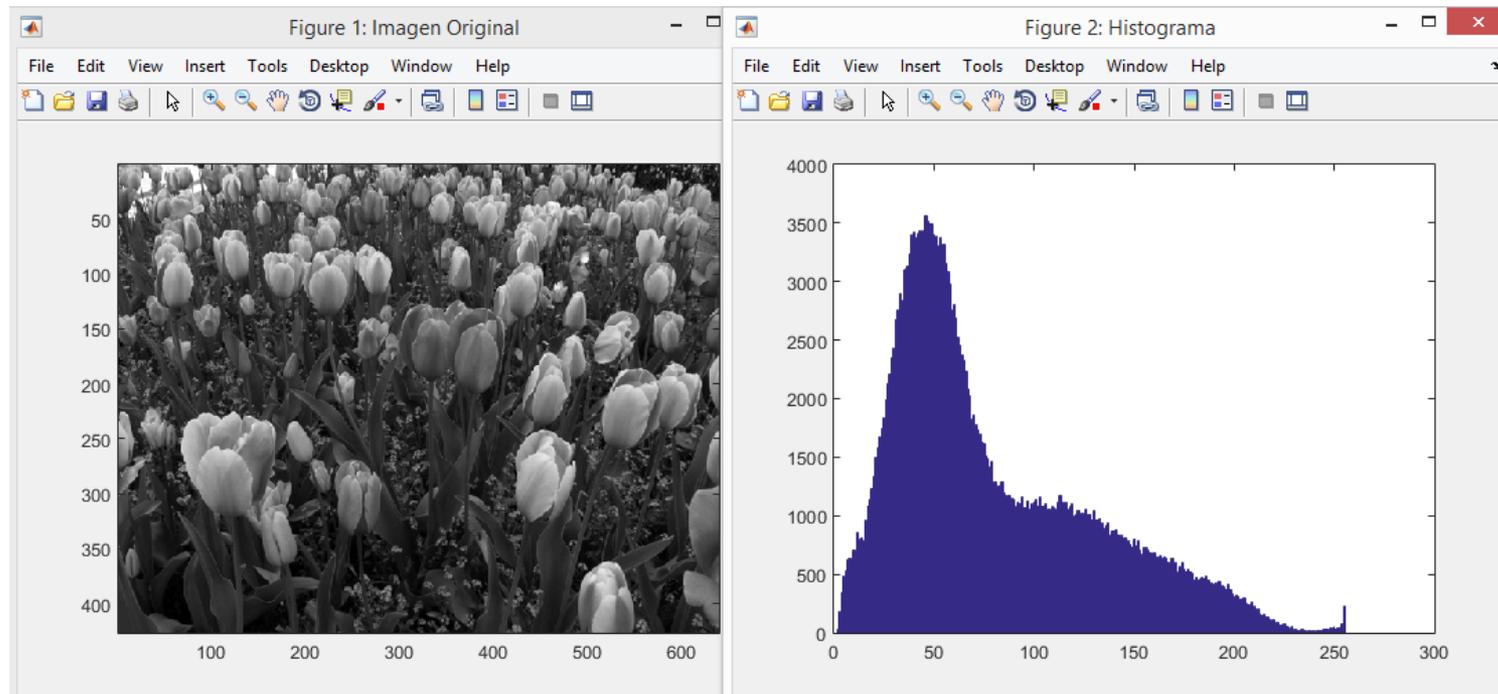
I3



I4

# HISTOGRAMA DE UNA IMAGEN

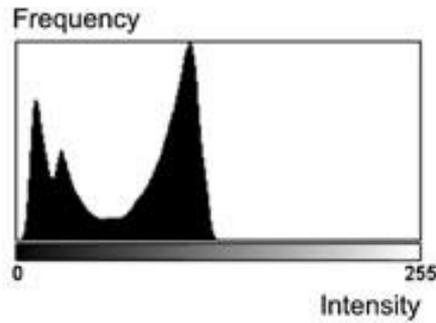
- Inicializar con ceros el vector  $h_I$  de tamaño 256.
- Para todos los pixeles  $\vec{x}$  de la imagen  $I$ 
  - $idx = I(\vec{x}) \rightarrow$  en C/C++ o  $idx = I(\vec{x}) + 1 \rightarrow$  en MatLab
  - $h_I(idx) = h(idx) + 1$



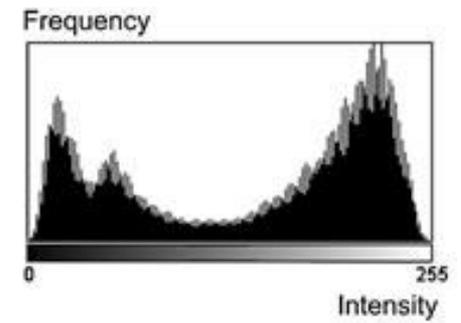
Sonka, Milan, Vaclav Hlavac, and Roger Boyle. Image processing, analysis, and machine vision. Cengage Learning, 2014.



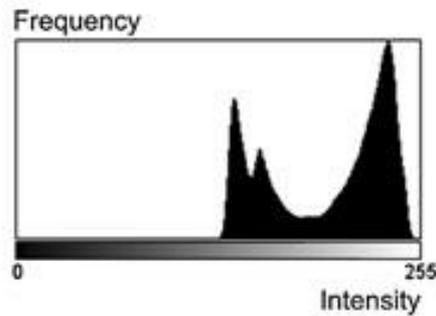
Dark image



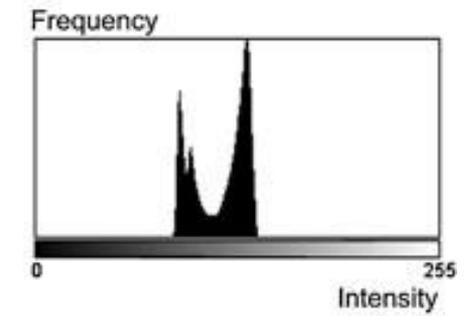
High contrast image



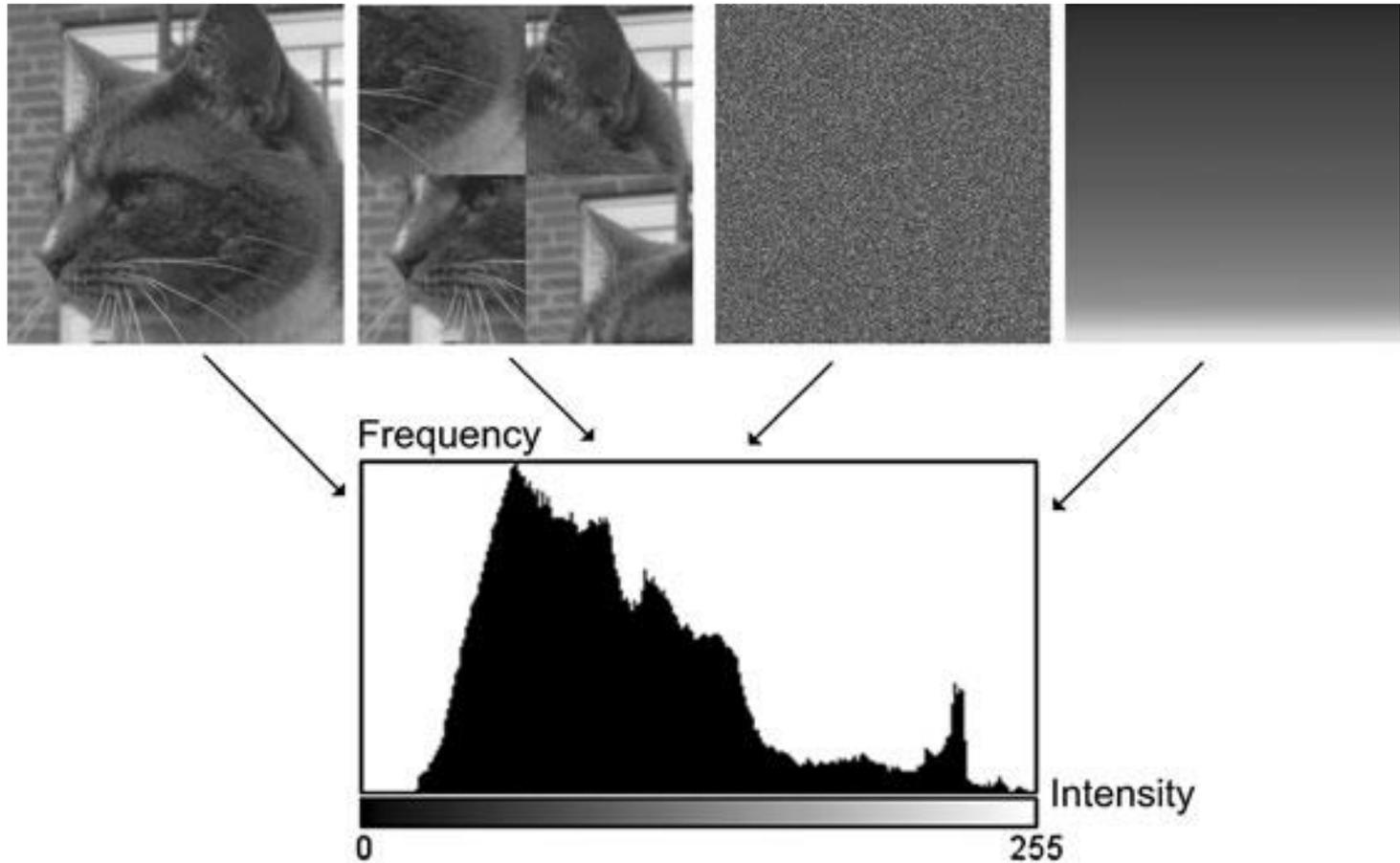
Bright image



Low contrast image



Moeslund, T. B. (2012). Introduction to video and image processing: Building real systems and applications. Springer Science & Business Media.



**Nota:** Cuando se calcula el histograma, no se considera la posición espacial de los píxeles, entonces:

- a) Muchas imágenes tienen el mismo histograma
- b) Una imagen no se puede reconstruir a partir del histograma

Moeslund, T. B. (2012). Introduction to video and image processing: Building real systems and applications. Springer Science & Business Media.

# GRACIAS POR SU ATENCIÓN

Francisco J. Hernandez-Lopez

[fcoj23@ciimat.mx](mailto:fcoj23@ciimat.mx)

WebPage:

[www.ciimat.mx/~fcoj23](http://www.ciimat.mx/~fcoj23)

