



Ciencia y Tecnología

Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación



CIMAT
UNIDAD MÉRIDA

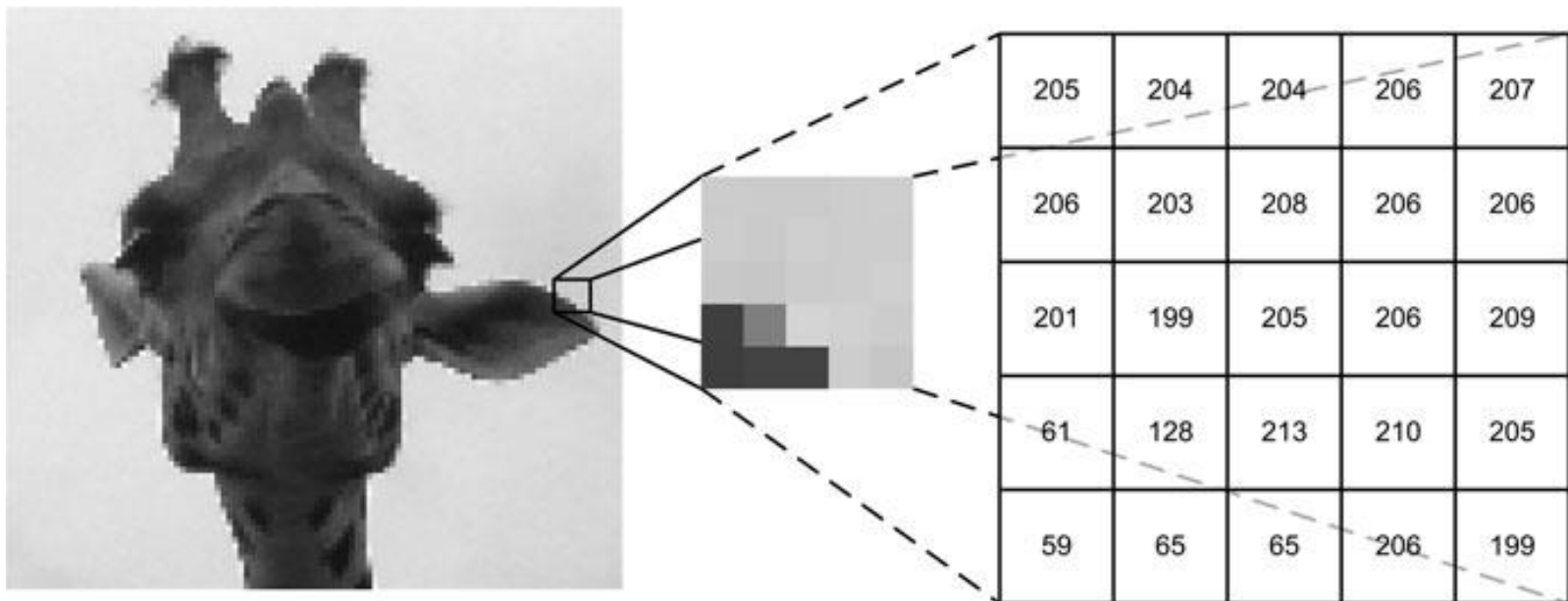
PROCESAMIENTO DE IMÁGENES (A NIVEL VECINDARIO)

Dr. Francisco J. Hernández López
SECIHTI – CIMAT-Mérida
fcoj23@cimat.mx, www.cimat.mx/~fcoj23



PROCESAMIENTO A NIVEL VECINDARIO

- El valor resultante en algún pixel de la imagen de salida, depende de los valores de los pixeles vecinos en la imagen de entrada

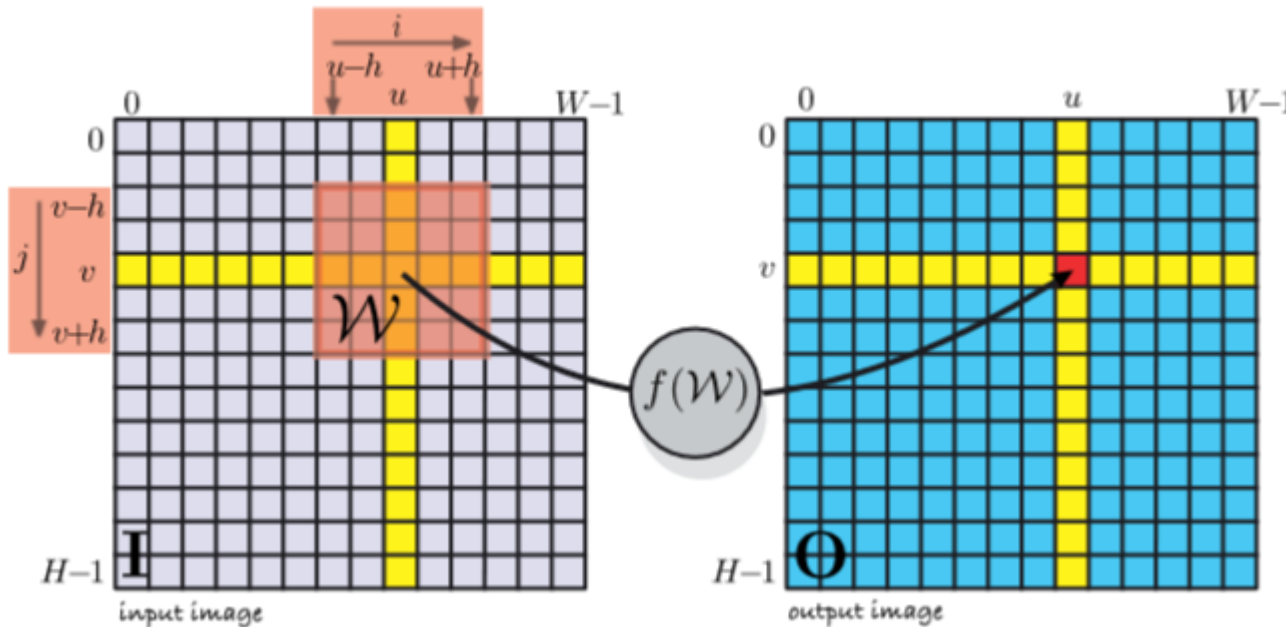


Moeslund, T. B. (2012). Introduction to video and image processing: Building real systems and applications. Springer Science & Business Media.

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 la mediana
- Filtro de rango
- Emparejamiento
- Etc.

Corke, P. (2017). Robotics, vision and control: fundamental algorithms in MATLAB® second, completely revised (Vol. 118). Springer.

Proc. de Imágenes. A nivel vecindario. Francisco J. Hernández-López

Ene-Jun 2025

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 o ventana de tamaño $w \times w$.

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

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

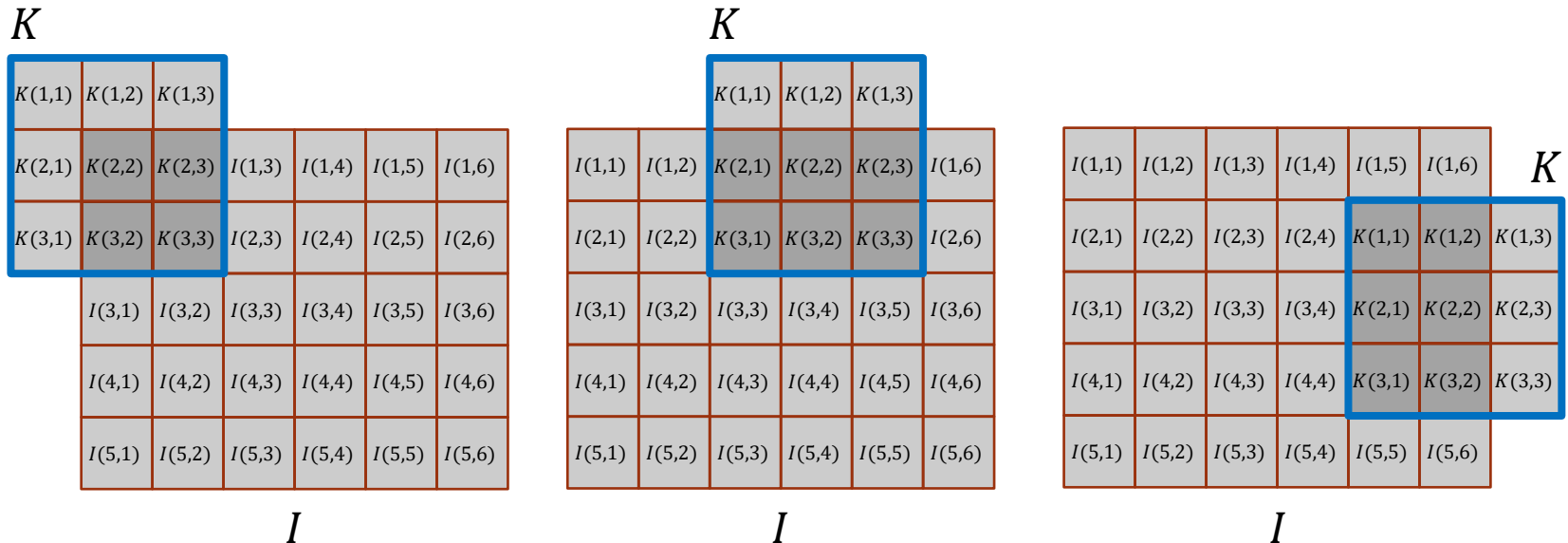
Ventana W

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

O

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

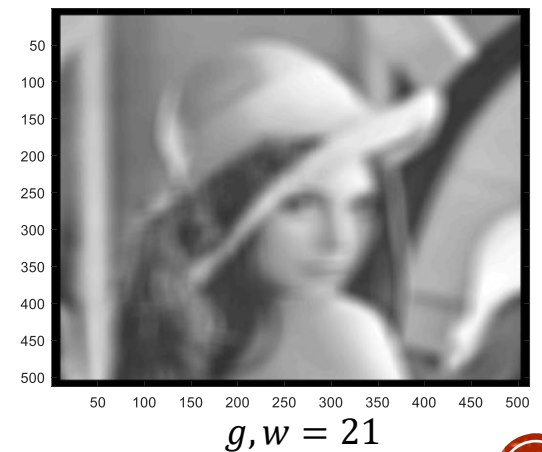
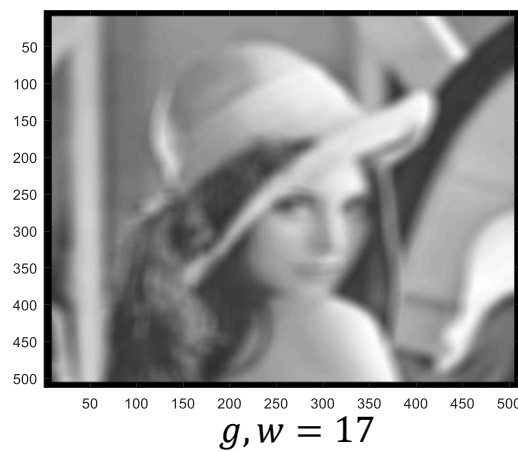
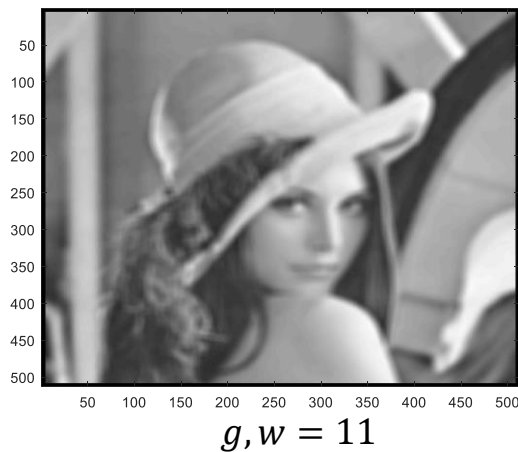
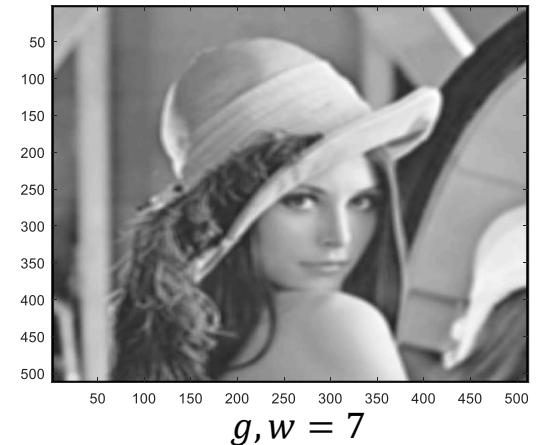
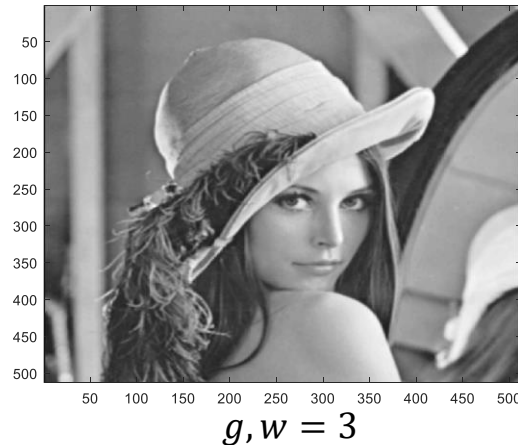
¿QUÉ HACER CUANDO ESTAMOS PROCESANDO UN PIXEL DE ALGUNA ORILLA DE LA IMAGEN?



- 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. $I(1,7) = I(1,6)$

FILTRO DEL PROMEDIO

$$K_P = \frac{1}{w \times w} \begin{pmatrix} 1 & \dots & 1 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & \dots & 1 \end{pmatrix}_{w \times w}$$



FILTRO GAUSSIANO

- En una dimensión, la función Gaussiana es

$$G(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}$$

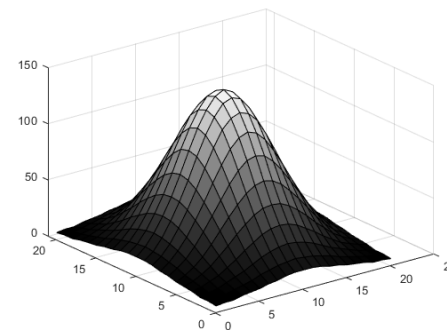
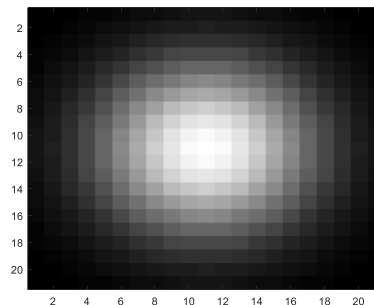
- En dos dimensiones es una multiplicación de dos Gaussianas (una Gaussiana por cada dimensión)

$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$$

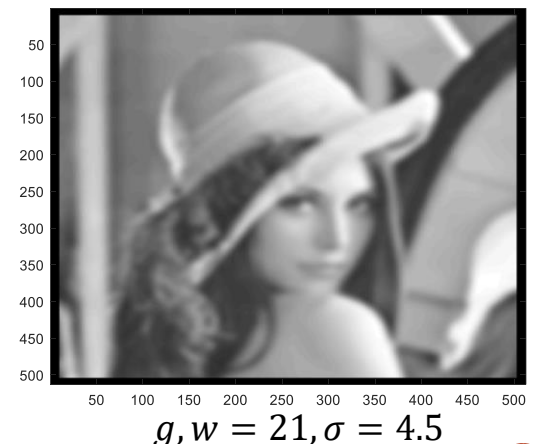
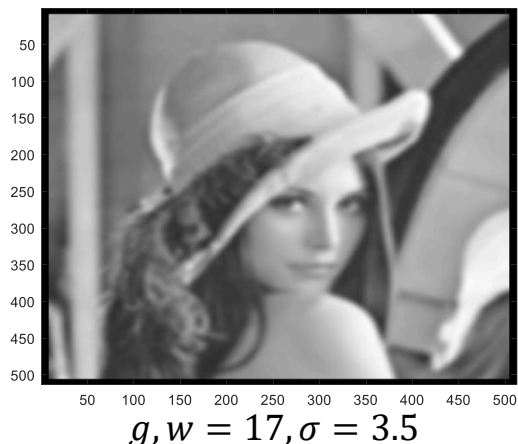
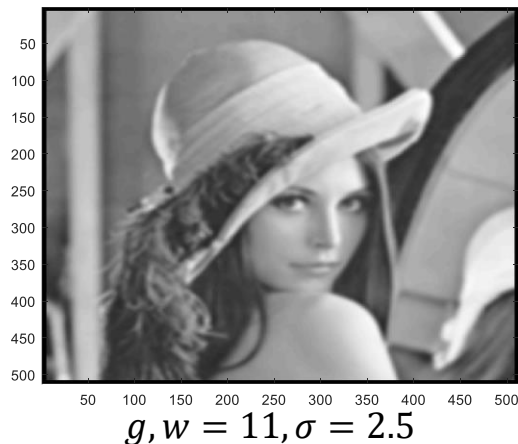
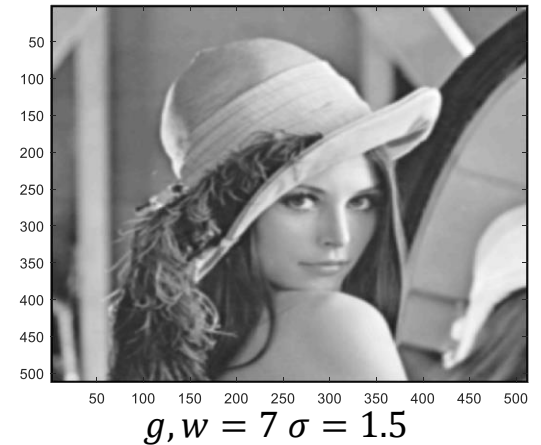
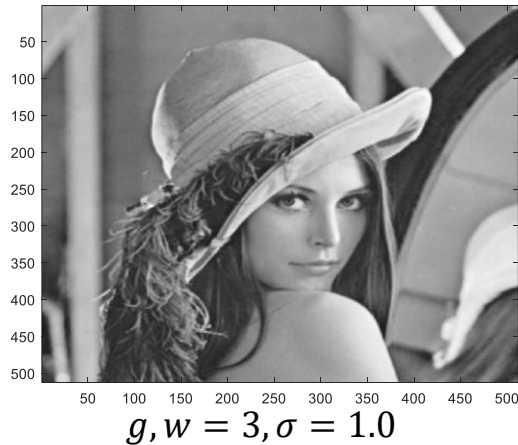
- De esta forma, podemos construir un Kernel Gaussiano 2D

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

3x3



FILTRO GAUSSIANO (EJEMPLOS)



CONVOLUCIÓN

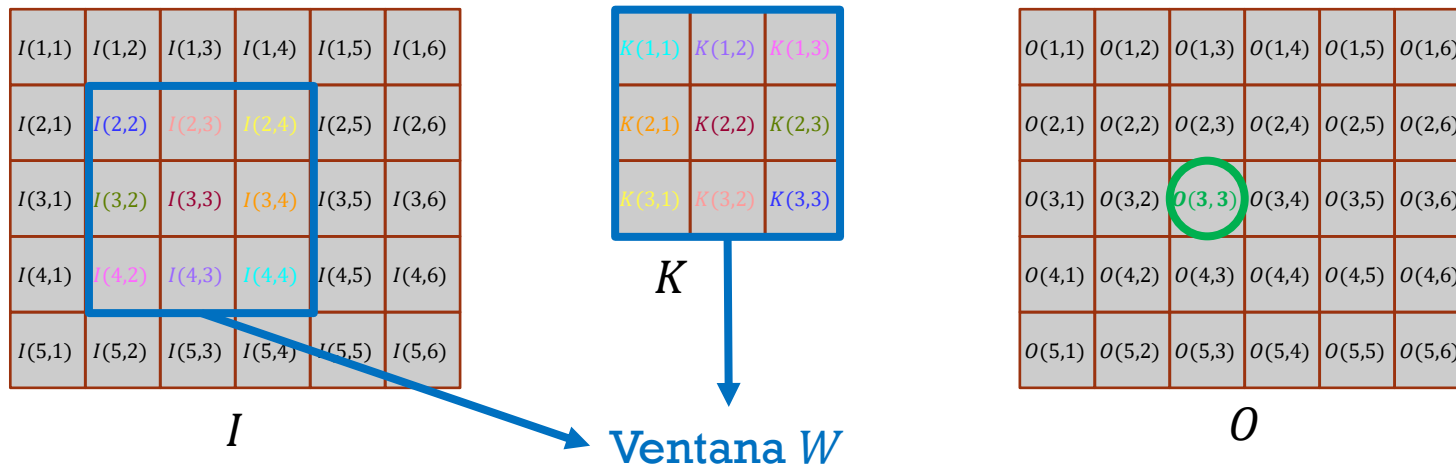
- Operador espacial lineal $O = I \otimes K$:

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

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 $A \otimes (B + C) = A \otimes B + A \otimes C$

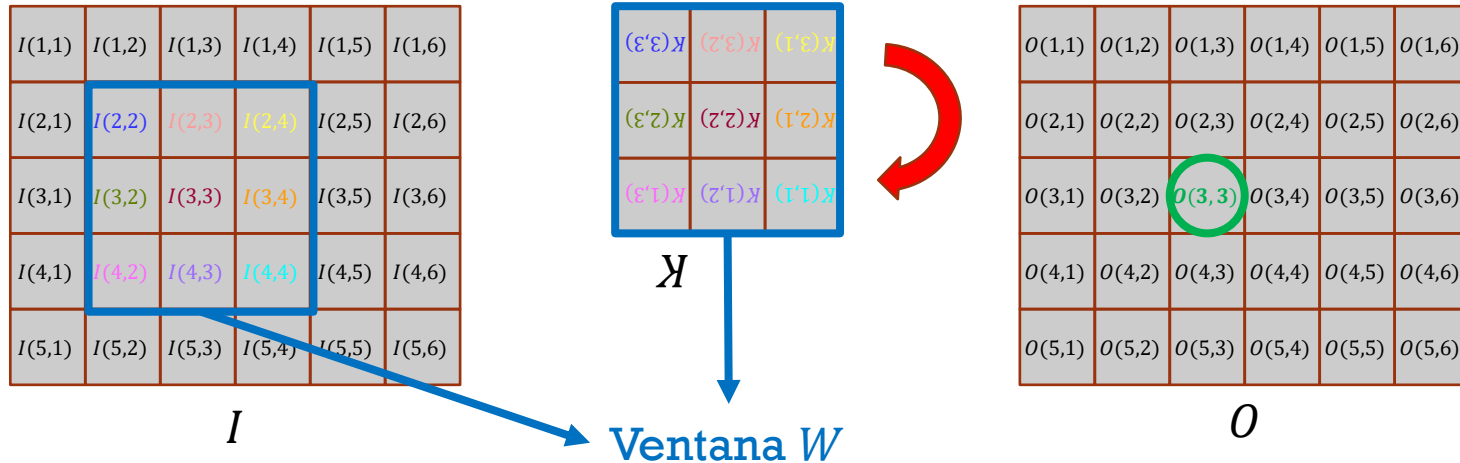
CONVOLUCIÓN



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

CONVOLUCIÓN

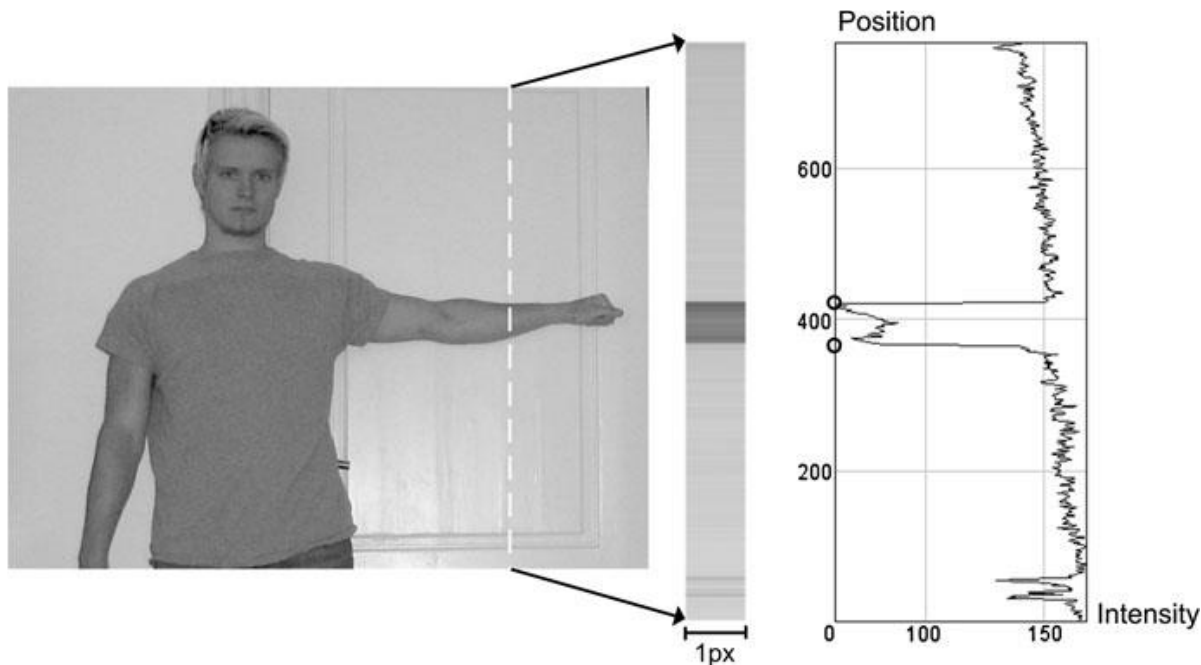
correlación con kernel girado



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

BORDES EN LA IMAGEN

- Un borde es aquel punto en la imagen en donde hay un cambio significativo de valores de intensidad



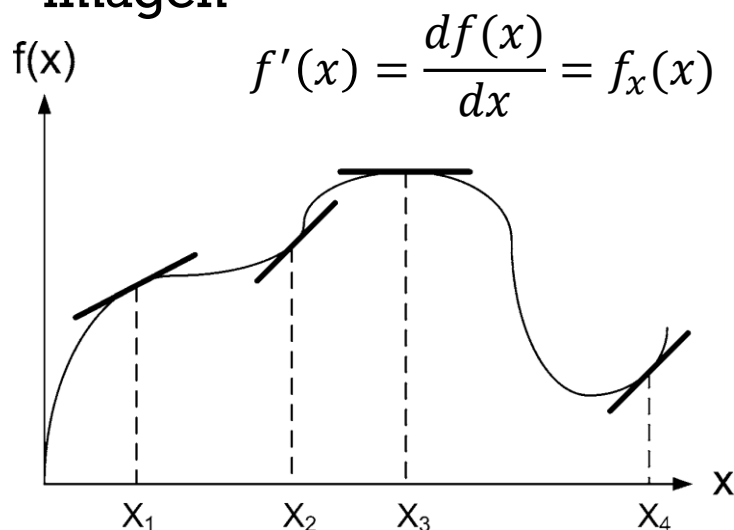
Moeslund, T. B. (2012). Introduction to video and image processing: Building real systems and applications. Springer Science & Business Media.

Proc. de Imágenes. A nivel vecindario. Francisco J. Hernández-López

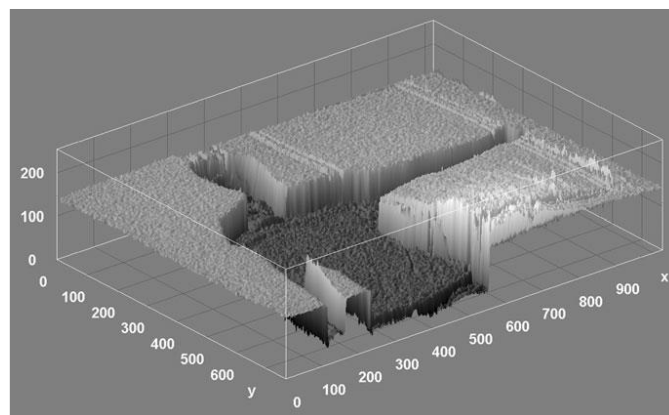
Ene-Jun 2025

GRADIENTES

- En el caso 1D podemos definir la derivada como la pendiente en cierto punto de una función dada
- Para el caso 2D, el gradiente es el vector que se compone de las derivadas en cada dimensión, es el cambio que hay sobre las intensidades a lo largo de las columnas y las filas de la imagen



$$\nabla f(x, y) = [f_x(x, y), f_y(x, y)]$$



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

PRIMERAS DERIVADAS APROXIMADAS

- Ya que la imagen tiene una representación discreta de la escena, las primeras derivadas se pueden estimar de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}g_x(x, y) &\approx f(x + 1, y) - f(x - 1, y), \\g_y(x, y) &\approx f(x, y + 1) - f(x, y - 1),\end{aligned}$$

- Estas derivadas se calculan comúnmente usando una ventana de 3×3 y aplicando una convolución o correlación con la imagen

$$g_x = f \otimes K_x, \quad g_y = f \otimes K_y$$

$$K_x = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad K_y = \begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \quad K_x = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad K_y = \begin{pmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{pmatrix}$$

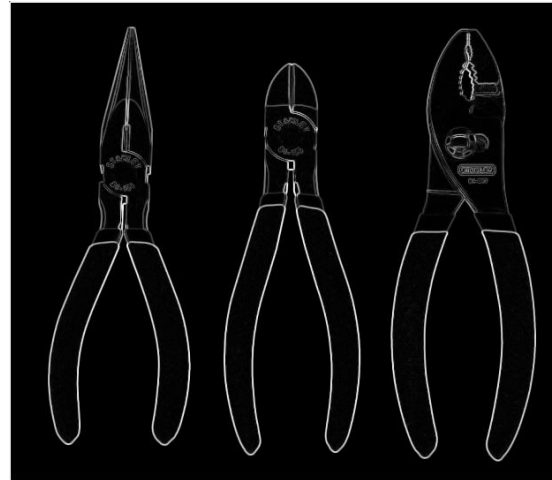
Kernels Prewitt

Kernels Sobel

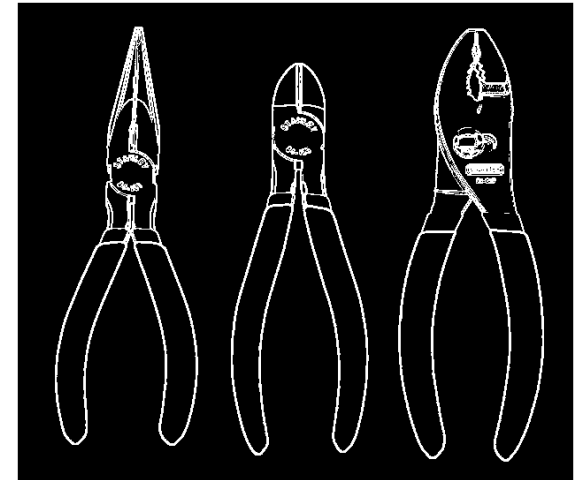
DETECCIÓN DE BORDES



f



$\|\nabla f\|_2$



g

Dada la imagen f :

1. Calcular la magnitud del gradiente para cada pixel (x, y)

$$\|\nabla f\|_2 = \sqrt{f_x^2(x, y) + f_y^2(x, y)}$$

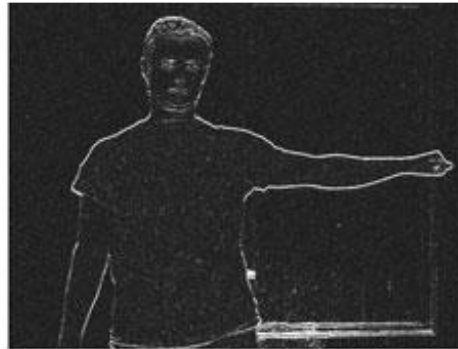
2. Aplicar un umbral sobre la $\|\nabla f\|_2$

$$g(x, y) = \begin{cases} 255 & \text{si } \|\nabla f\|_2(x, y) > T \\ 0 & \text{si } \|\nabla f\|_2(x, y) \leq T \end{cases}$$

DETECCIÓN DE BORDES (USANDO FILTROS DE SOBEL)



Input image



Horizontal Sobel



Vertical sobel



Combined Sobel



Threshold value 25



Threshold value 60

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

Proc. de Imágenes. A nivel vecindario. Francisco J. Hernández-López

Ene-Jun 2025

GRACIAS POR SU ATENCIÓN

Francisco J. Hernandez-Lopez

fcoj23@cimat.mx

WebPage:

www.cimat.mx/~fcoj23

