

Procesamiento Digital de Imágenes

Segmentación de Imágenes

Universidad Autónoma de Manizales
Docente: Alejandro Mora Rubio



Contenido

¿Qué es la segmentación de imágenes?

Algoritmos básicos

Detección de discontinuidades

Umbralización

¿Qué es la segmentación de imágenes?

Hasta este punto, hemos analizado métodos de procesamiento de imágenes cuya entrada y salida son imágenes, la segmentación hace parte de un tipo diferente de operaciones en la que la entrada es una imagen y la salida son atributos de dicha imagen.

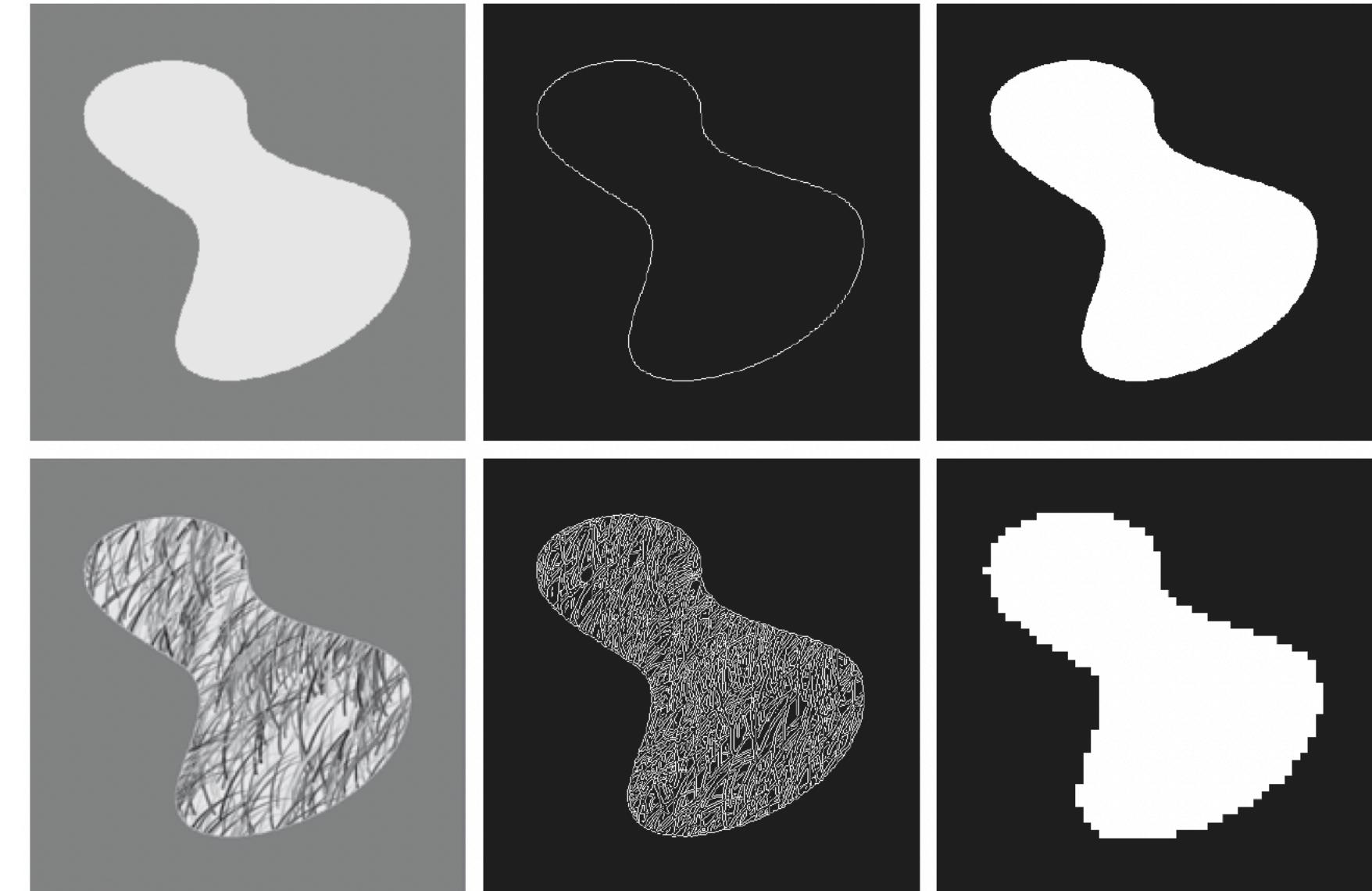
Nivel Bajo:
Imagen a Imagen
Reducción de ruido,
Definición de bordes

Nivel Intermedio:
Imagen a Atributos
Reconocimiento de
objetos,
Segmentación

Nivel Alto:
Imagen/Atributos a
Interpretación
Descripción de escenas,
Navegación
autónoma

¿Qué es la segmentación de imágenes?

La segmentación de imágenes divide la imagen en sus partes constituyentes hasta un nivel de subdivisión en el que se aíslen las regiones u objetos de interés. Una de las propiedades de la segmentación es que debe ser **completa**, es decir, cada píxel debe ser asignado a una región.



Digital Image Processing 4th ed. - R. Gonzalez, R. Woods

Algoritmos básicos

Los algoritmos de segmentación se basan en una de estas dos propiedades básicas de los valores del nivel de gris: discontinuidad o similitud entre los niveles de gris de píxeles vecinos.

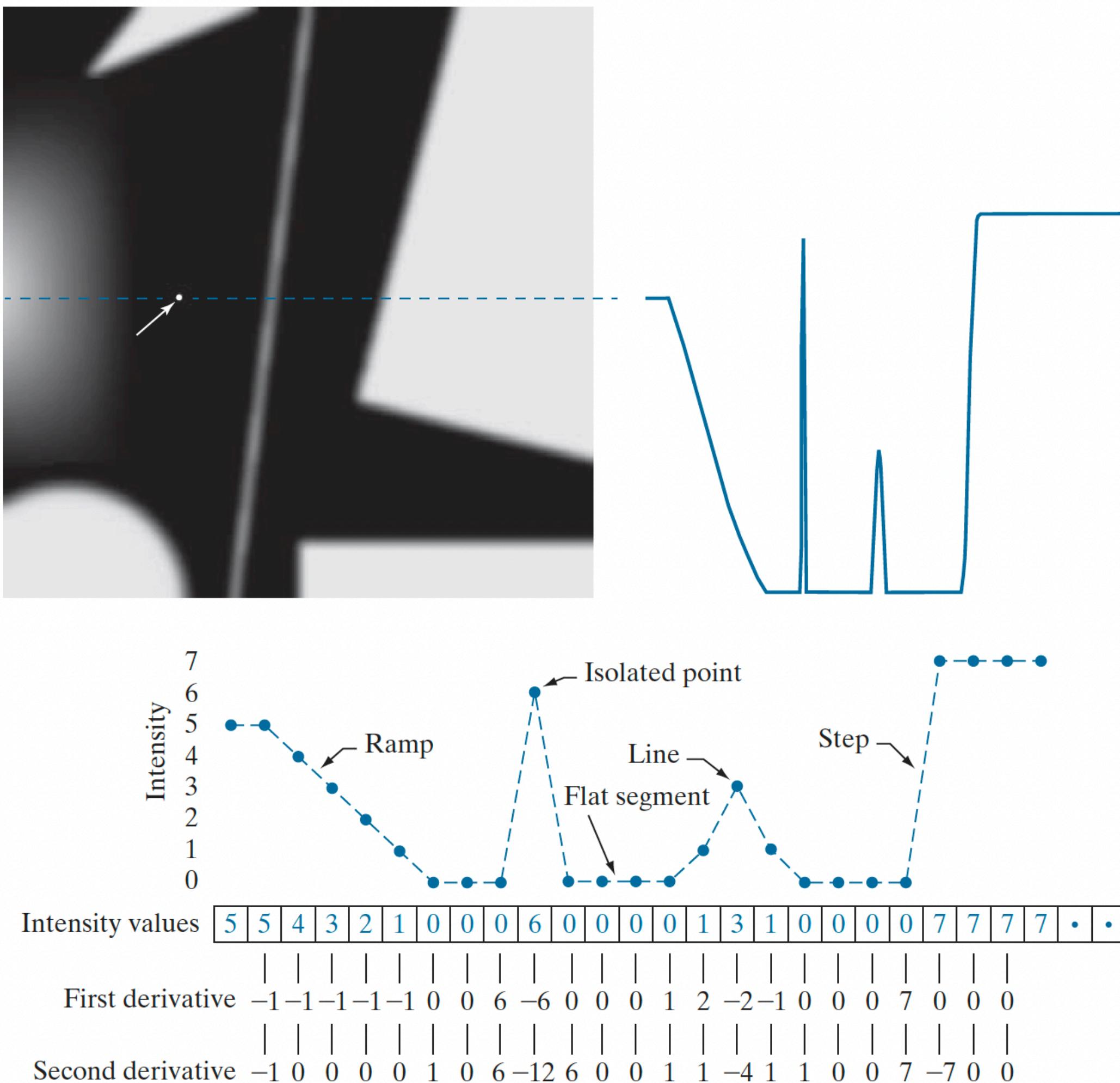
Discontinuidad Se divide la imagen basándose en cambios bruscos de nivel de gris:

- Detección de puntos aislados
- Detección de líneas
- Detección de bordes

Similitud Se divide la imagen basándose en la búsqueda de zonas que tengan valores similares, conforme a unos criterios prefijados:

- Crecimiento de región
- Umbralización

Detección de discontinuidades



La detección de discontinuidades o cambios abruptos del nivel de gris, está asociada a los operadores de primera derivada (gradiente) y de segunda derivada (laplaciano).

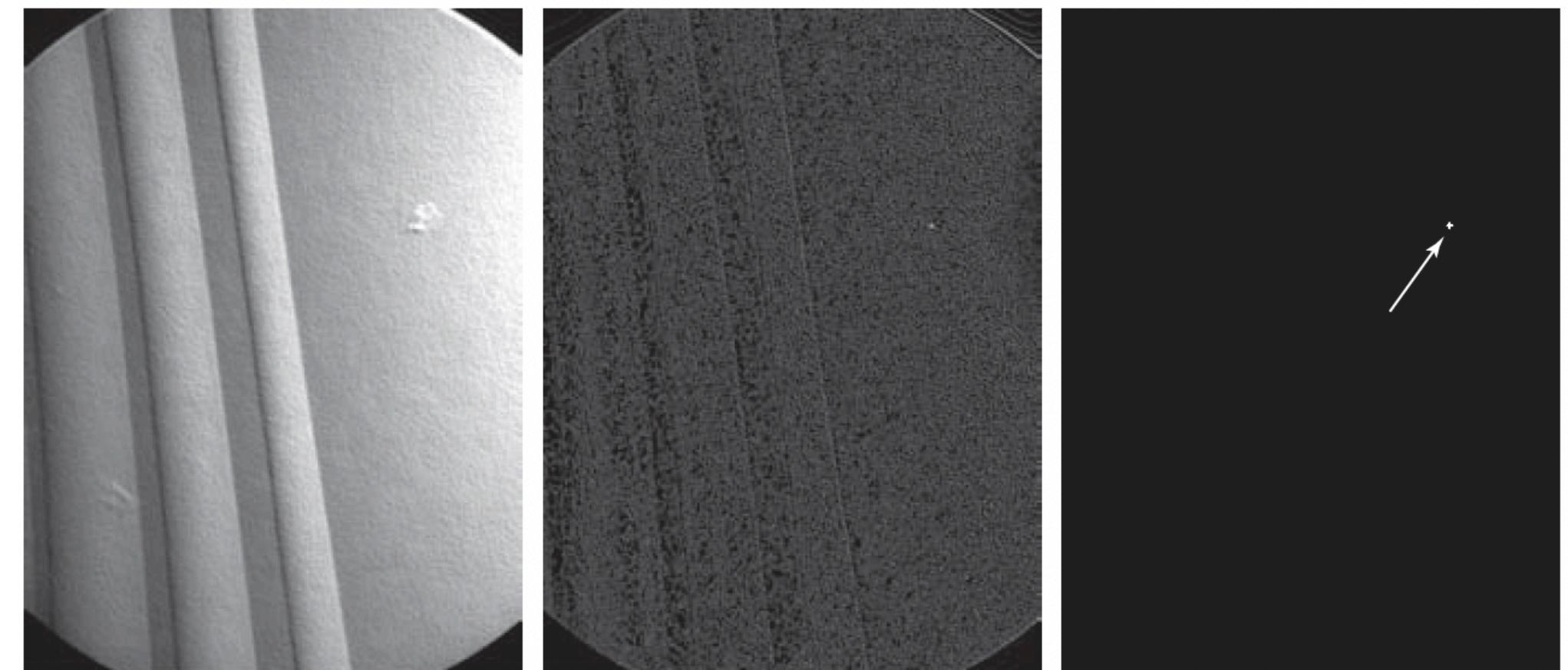
Detección de discontinuidades

Puntos aislados

El procedimiento se puede resumir en:

1. Obtener el Laplaciano de la imagen (utilizar el kernel laplaciano en la operación de convolución).
2. Calcular el valor absoluto del Laplaciano.
3. Umbralizar la imagen.

| | | |
|---|----|---|
| 1 | 1 | 1 |
| 1 | -8 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |



Digital Image Processing 4th ed. - R. Gonzalez, R. Woods

Detección de discontinuidades

Puntos aislados

Ejemplo

$$\begin{array}{c} \text{mask} \\ \begin{array}{|c|c|c|} \hline -1 & -1 & -1 \\ \hline -1 & 8 & -1 \\ \hline -1 & -1 & -1 \\ \hline \end{array} \end{array} * \begin{array}{c} \text{original image} \\ \begin{array}{|c|c|c|c|c|} \hline 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ \hline 1 & 10 & 1 & 1 & 1 \\ \hline 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ \hline 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ \hline 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ \hline \end{array} \end{array} = \begin{array}{c} \text{convolved image} \\ \begin{array}{|c|c|c|c|c|} \hline - & - & - & - & - \\ \hline - & 72 & -9 & 0 & - \\ \hline - & -9 & -9 & 0 & - \\ \hline - & 0 & 0 & 0 & - \\ \hline - & - & - & - & - \\ \hline \end{array} \end{array}$$

Dependiendo del valor de T, obtenemos

4 puntos, si ($0 < T \leq 9$)

1 punto, si ($9 < T \leq 72$)

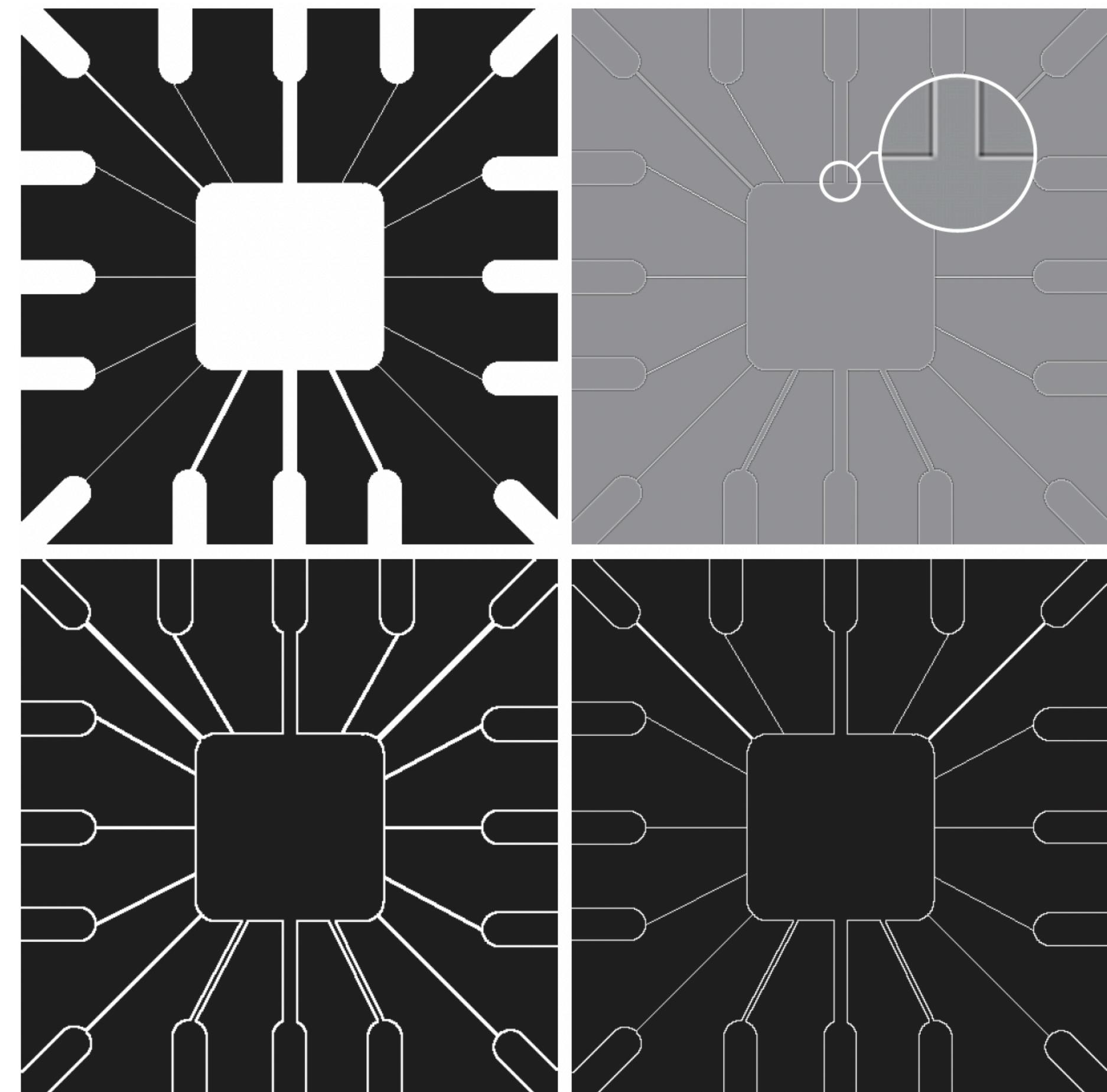
Ningún punto, si ($T > 72$)

Imagen tomada de [Link](#)

Detección de discontinuidades

Líneas

Para la detección de líneas se puede utilizar también el Laplaciano de la imagen, con la consideración del efecto de doble línea que se genera por los valores negativos. Este efecto puede ser tratado con el valor absoluto (inferior izq.) o solo manteniendo los valores positivos (inferior der.).



Digital Image Processing 4th ed. - R. Gonzalez, R. Woods

Detección de discontinuidades

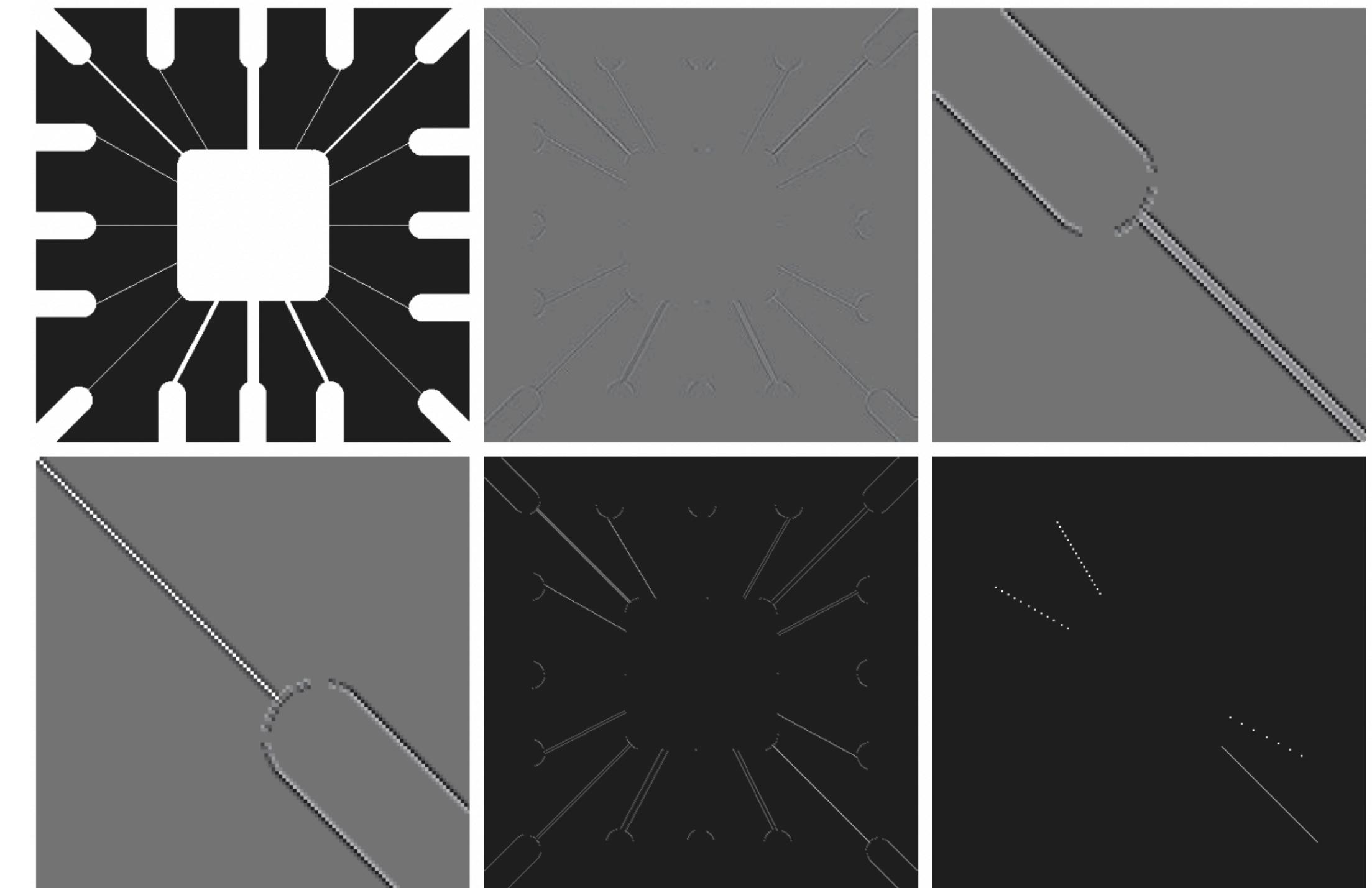
Líneas

En ocasiones, queremos detectar o resaltar las líneas en determinada orientación: horizontal, vertical o a 45° ; para esto, podemos utilizar otro tipo de kernels:

| | | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| -1 | -1 | -1 | 2 | -1 | -1 | -1 | 2 | -1 |
| 2 | 2 | 2 | -1 | 2 | -1 | -1 | 2 | -1 |
| -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 2 | -1 | -1 | 2 |

Horizontal $+45^\circ$ Vertical -45°

Digital Image Processing 4th ed. - R. Gonzalez, R. Woods



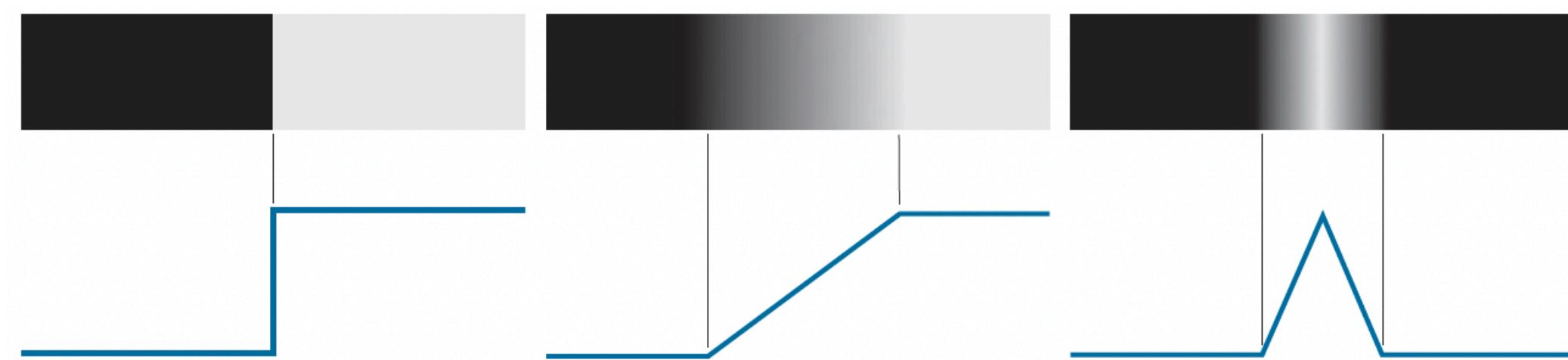
Digital Image Processing 4th ed. - R. Gonzalez, R. Woods

Detección de discontinuidades

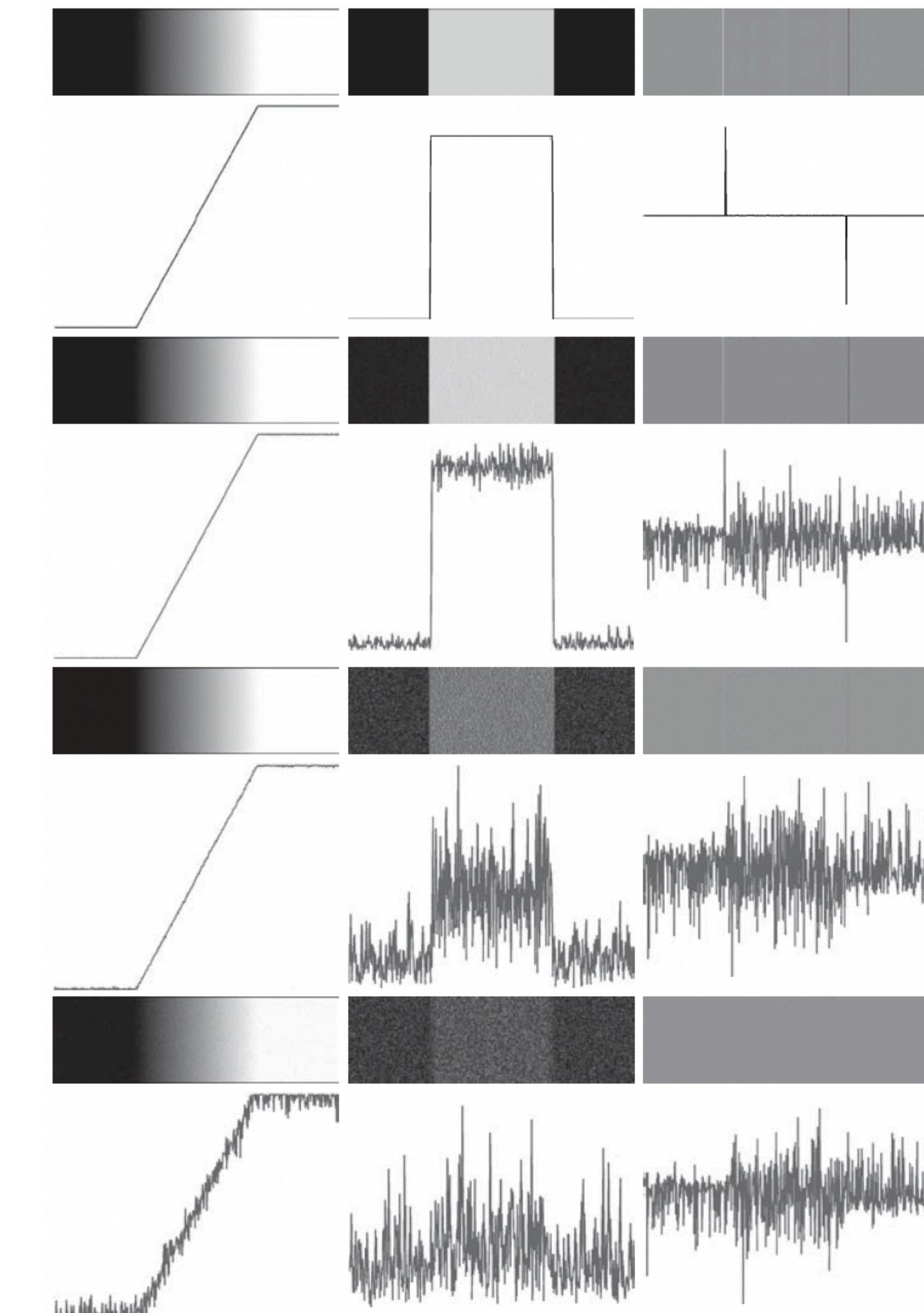
Bordes

Existen diferentes modelos de bordes que pueden ser utilizados en el diseño de técnicas de detección, los principales son: escalón, rampa, y *roof*.

Una consideración importante es que la detección de bordes es susceptible al ruido.



Digital Image Processing 4th ed. - R. Gonzalez, R. Woods

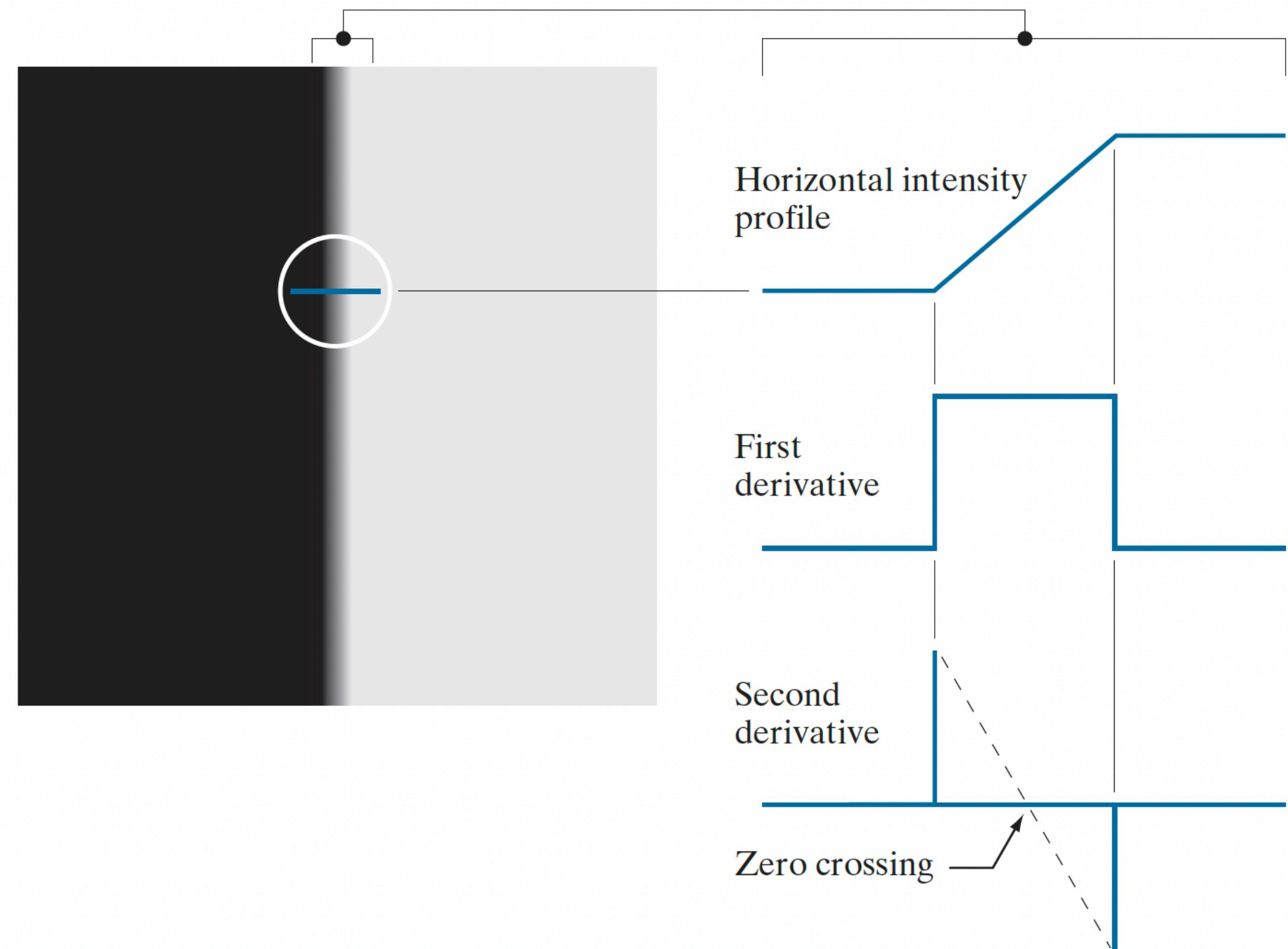


Digital Image Processing 4th ed. - R. Gonzalez, R. Woods

Detección de discontinuidades

Bordes

1. Realizar un suavizado de la imagen para reducir el ruido.
2. Detectar los posibles candidatos a ser puntos del borde.
3. Seleccionar, de entre los candidatos, aquellos que pertenecen realmente al borde.



Digital Image Processing 4th ed. - R. Gonzalez, R. Woods

Detección de discontinuidades

Bordes - Métodos básicos

$$\nabla f(x, y) \equiv \text{grad}[f(x, y)] \equiv \begin{bmatrix} g_x(x, y) \\ g_y(x, y) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f(x, y)}{\partial x} \\ \frac{\partial f(x, y)}{\partial y} \end{bmatrix}$$

Gradiente de una imagen $f(x, y)$

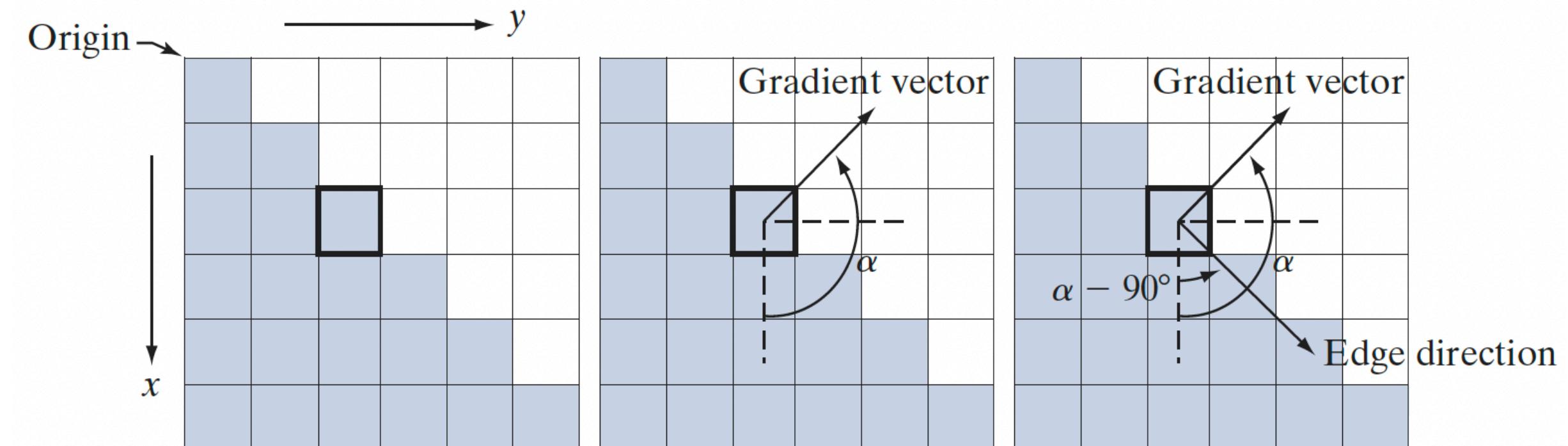
$$M(x, y) = \|\nabla f(x, y)\| = \sqrt{g_x^2(x, y) + g_y^2(x, y)}$$

$$M(x, y) \approx |g_x| + |g_y|$$

Magnitud del gradiente

$$\alpha(x, y) = \tan^{-1} \left[\frac{g_y(x, y)}{g_x(x, y)} \right]$$

Dirección del gradiente



Digital Image Processing 4th ed. - R. Gonzalez, R. Woods

Detección de discontinuidades

Bordes - Métodos básicos

Operadores de gradiente para imágenes:

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

Roberts

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

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

Prewitt

| | | |
|----|----|----|
| -1 | -2 | -1 |
| 0 | 0 | 0 |
| 1 | 2 | 1 |

| | | |
|----|---|---|
| -1 | 0 | 1 |
| -2 | 0 | 2 |
| -1 | 0 | 1 |

Sobel

Digital Image Processing 4th ed. - R. Gonzalez, R. Woods

| | | |
|----|----|---|
| -3 | -3 | 5 |
| -3 | 0 | 5 |
| -3 | -3 | 5 |

| | | |
|----|----|----|
| -3 | 5 | 5 |
| -3 | 0 | 5 |
| -3 | -3 | -3 |

| | | |
|----|----|----|
| 5 | 5 | 5 |
| -3 | 0 | -3 |
| -3 | -3 | -3 |

| | | |
|----|----|----|
| 5 | 5 | -3 |
| 5 | 0 | -3 |
| -3 | -3 | -3 |

N NW W SW

| | | |
|---|----|----|
| 5 | -3 | -3 |
| 5 | 0 | -3 |
| 5 | -3 | -3 |

| | | |
|----|----|----|
| -3 | -3 | -3 |
| -3 | 0 | -3 |
| 5 | 5 | 5 |

| | | |
|----|----|----|
| -3 | -3 | -3 |
| -3 | 0 | 5 |
| -3 | 5 | 5 |

S SE E NE

Kernels de Kirsch

Digital Image Processing 4th ed. - R. Gonzalez, R. Woods

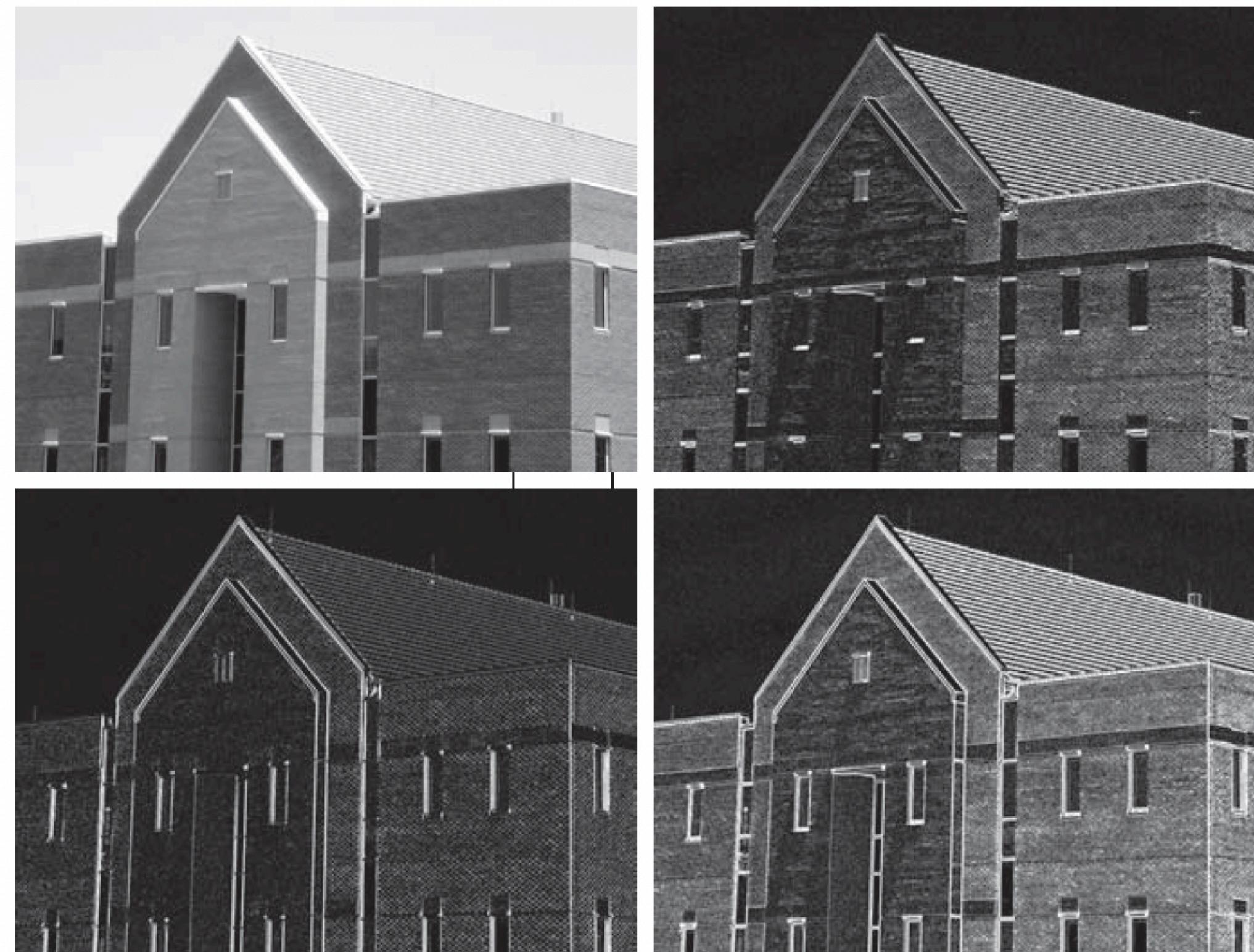
Detección de discontinuidades

Bordes - Métodos básicos

| | |
|---|---|
| a | b |
| c | d |

FIGURE 10.16

(a) Image of size 834×1114 pixels, with intensity values scaled to the range [0,1].
(b) $|g_x|$, the component of the gradient in the x -direction, obtained using the Sobel kernel in Fig. 10.14(f) to filter the image.
(c) $|g_y|$, obtained using the kernel in Fig. 10.14(g).
(d) The gradient image, $|g_x| + |g_y|$.



Digital Image Processing 4th ed. - R. Gonzalez, R. Woods

Detección de discontinuidades

Bordes - Métodos básicos

a
b
c
d

FIGURE 10.18

Same sequence as in Fig. 10.16, but with the original image smoothed using a 5×5 averaging kernel prior to edge detection.

Aplicando suavizado, o blur, a la imagen previo al cálculo del gradiente.



Digital Image Processing 4th ed. - R. Gonzalez, R. Woods

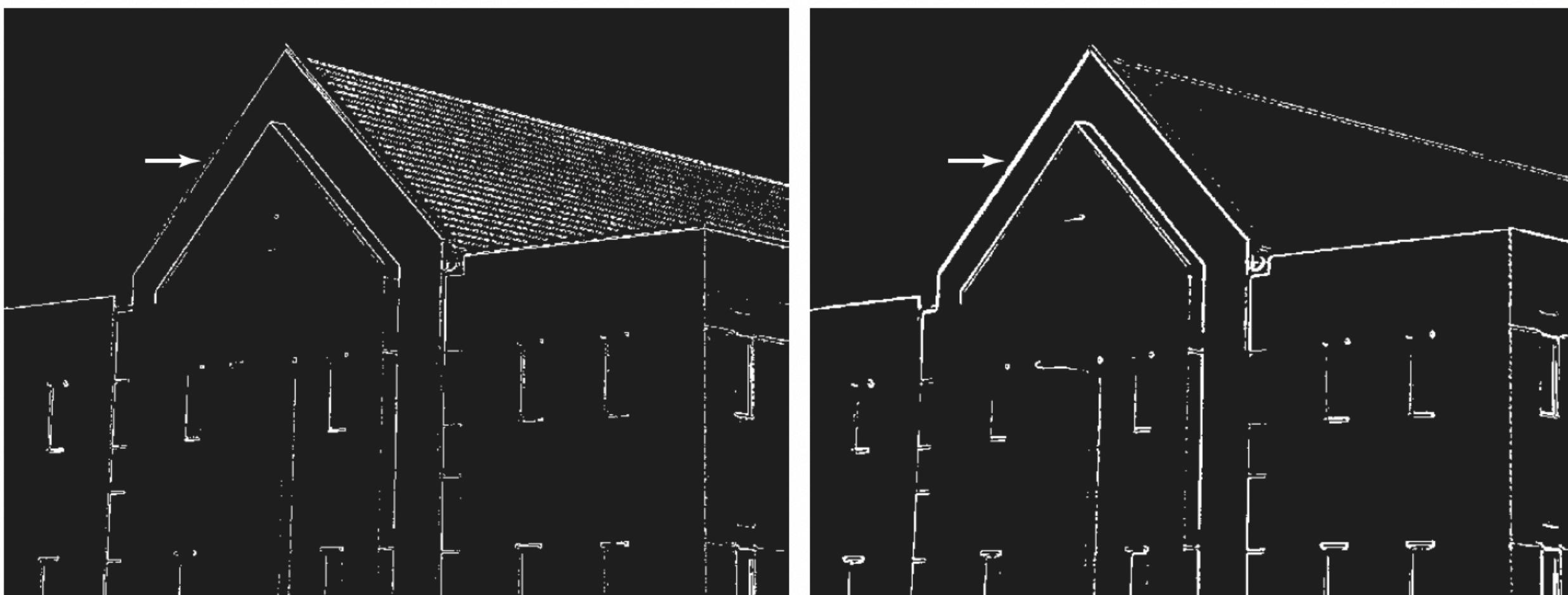
Detección de discontinuidades

Bordes - Métodos básicos

a | b

FIGURE 10.20

(a) Result of thresholding Fig. 10.16(d), the gradient of the original image.
(b) Result of thresholding Fig. 10.18(d), the gradient of the smoothed image.



Digital Image Processing 4th ed. - R. Gonzalez, R. Woods

Detección de discontinuidades

Bordes - Métodos básicos

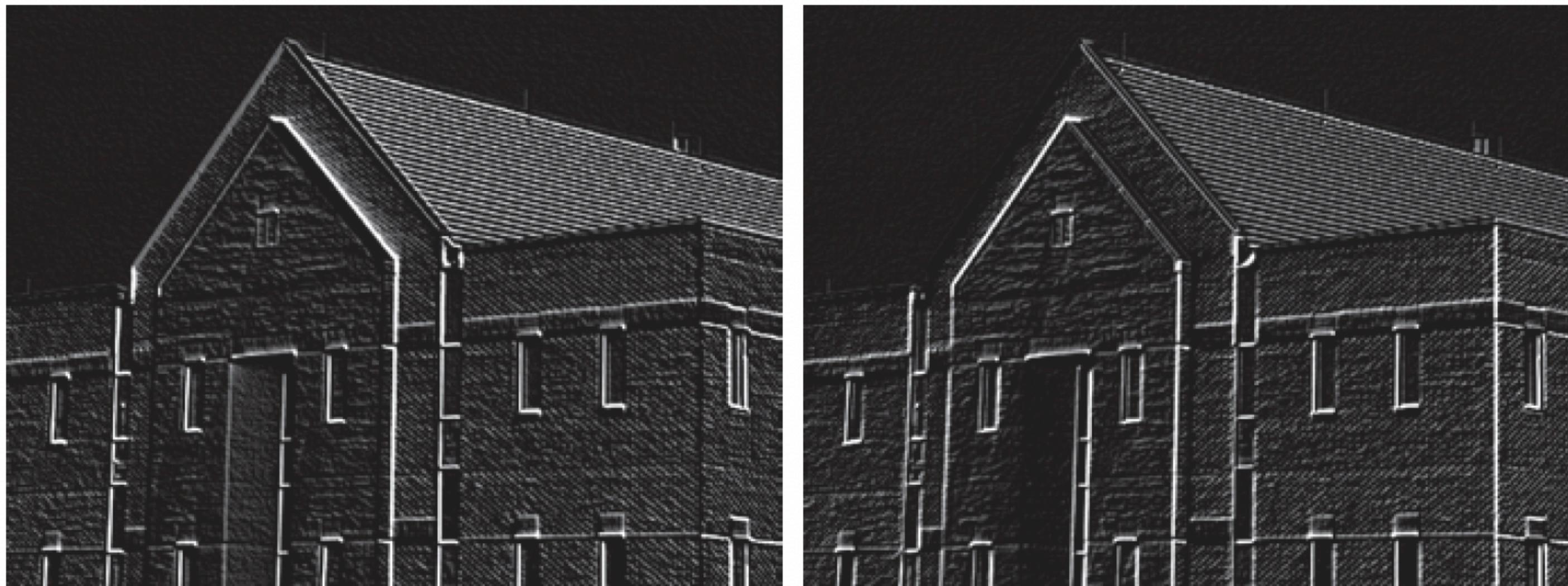
a b

FIGURE 10.19

Diagonal edge detection.

(a) Result of using the Kirsch kernel in Fig. 10.15(c).

(b) Result of using the kernel in Fig. 10.15(d). The input image in both cases was Fig. 10.18(a).



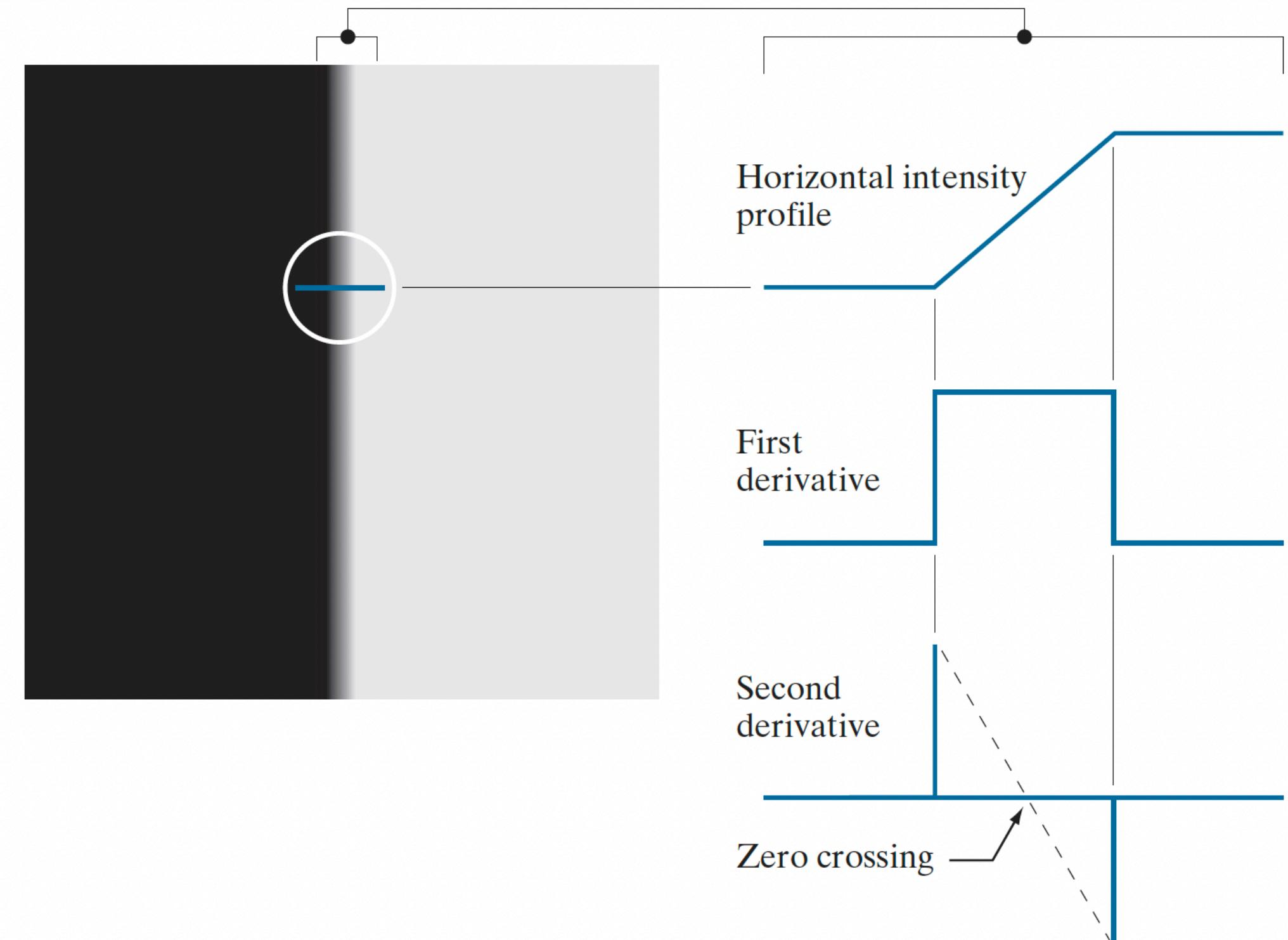
Digital Image Processing 4th ed. - R. Gonzalez, R. Woods

Detección de discontinuidades

Bordes - Métodos más avanzados

Detector de bordes Marr-Hildreth

1. Filtrar la imagen con un kernel pasabajas Gaussiano de $n \times n$.
2. Aplicar el filtro Laplaciano o derivada de segundo orden (Calcular el Laplaciano de la imagen).
3. Encontrar los pasos por cero (zero-crossings) en el Laplaciano, lo que implica que una región de píxeles centrados en p , los vecinos en posiciones opuestas tengan signo diferente.



Digital Image Processing 4th ed. - R. Gonzalez, R. Woods

Detección de discontinuidades

Bordes - Métodos más avanzados

Detector de bordes Marr-Hildreth

a b
c d

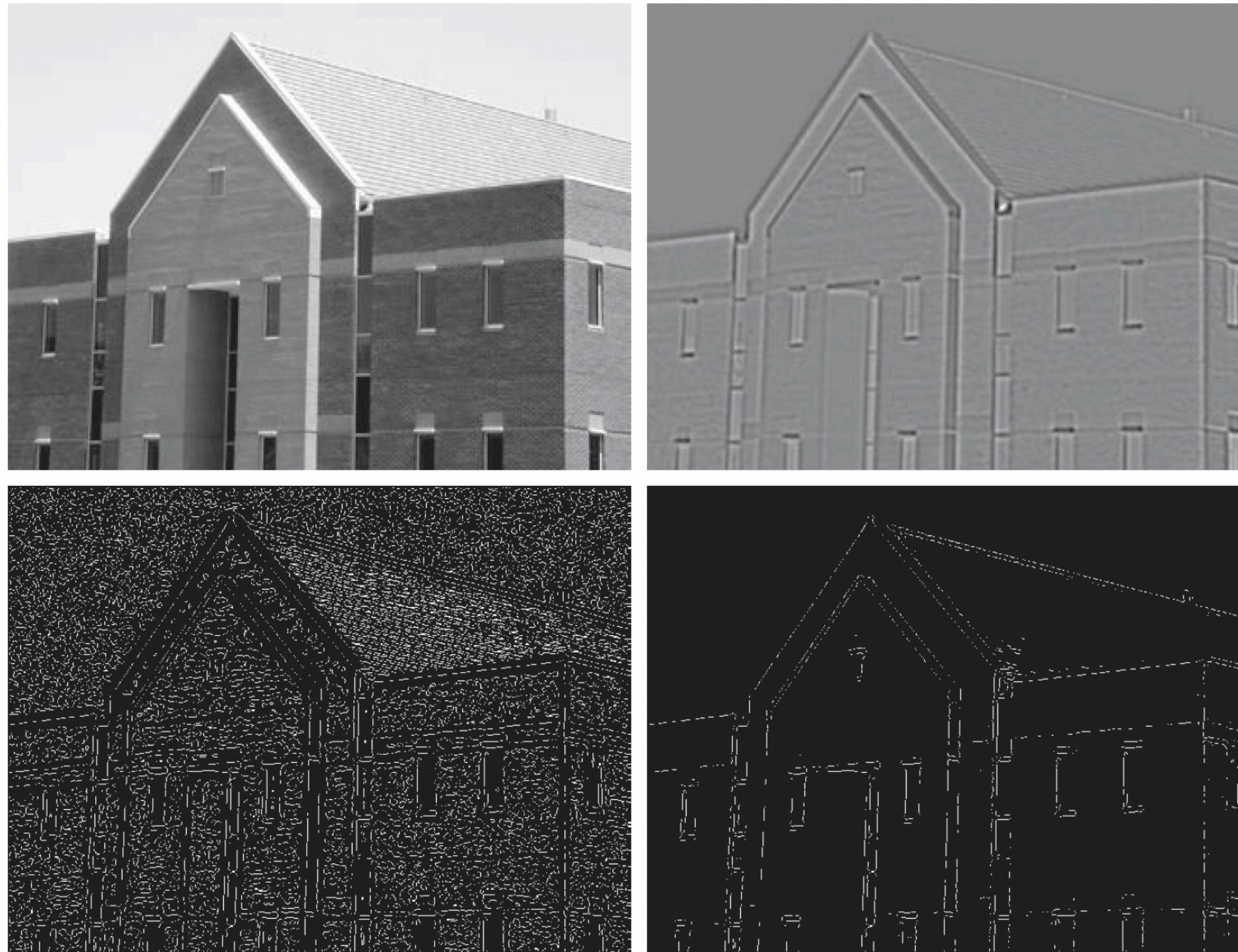
FIGURE 10.22

(a) Image of size 834×1114 pixels, with intensity values scaled to the range [0, 1].

(b) Result of Steps 1 and 2 of the Marr-Hildreth algorithm using $\sigma = 4$ and $n = 25$.

(c) Zero crossings of (b) using a threshold of 0 (note the closed-loop edges).

(d) Zero crossings found using a threshold equal to 4% of the maximum value of the image in (b). Note the thin edges.



Digital Image Processing 4th ed. - R. Gonzalez, R. Woods

Detección de discontinuidades

Bordes - Métodos más avanzados

Detector de bordes Canny

El algoritmo para este detector se puede resumir en:

1. Filtrar la imagen con un kernel pasabajas Gaussiano de $n \times n$.
2. Calcular la magnitud del gradiente (Sobel en las dos direcciones).
3. Aplicar nonmaxima suppression en la magnitud del gradiente.
4. Umbralizar y analizar la conectividad para detectar bordes, y unirlos.

a
b
c
d

FIGURE 10.25

(a) Original image of size 834×1114 pixels, with intensity values scaled to the range $[0, 1]$.
(b) Thresholded gradient of the smoothed image.
(c) Image obtained using the Marr-Hildreth algorithm.
(d) Image obtained using the Canny algorithm. Note the significant improvement of the Canny image compared to the other two.



Digital Image Processing 4th ed. - R. Gonzalez, R. Woods

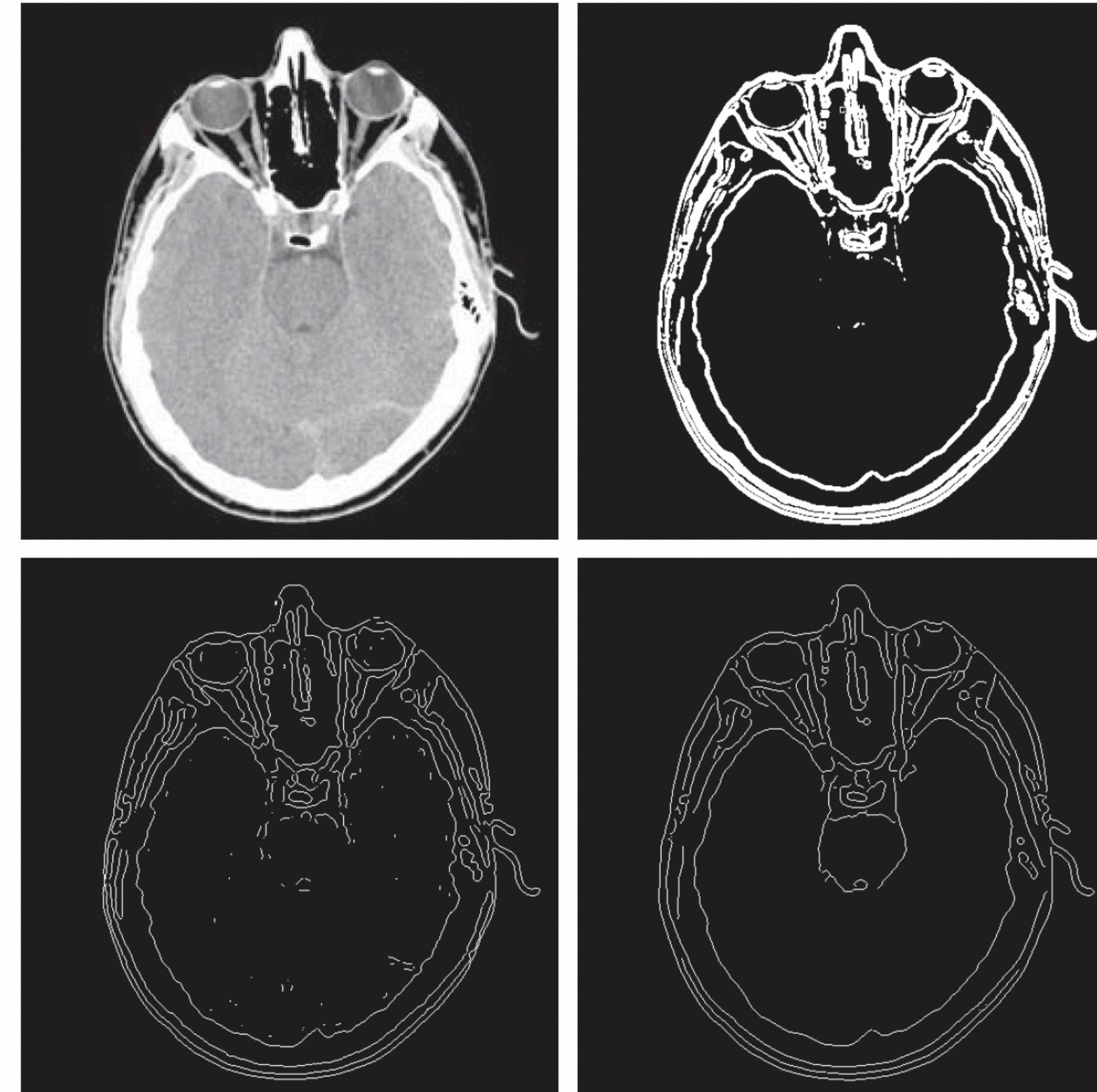
Detección de discontinuidades

Bordes

a
b
c
d

FIGURE 10.26

- (a) Head CT image of size 512×512 pixels, with intensity values scaled to the range $[0, 1]$.
(b) Thresholded gradient of the smoothed image.
(c) Image obtained using the Marr-Hildreth algorithm.
(d) Image obtained using the Canny algorithm.
(Original image courtesy of Dr. David R. Pickens, Vanderbilt University.)



Digital Image Processing 4th ed. - R. Gonzalez, R. Woods

Detección de discontinuidades

Enlazado de bordes

Las técnicas anteriores detectan las discontinuidades de intensidad.

En la práctica, el conjunto de píxeles que se obtiene, **rara vez caracteriza completamente un borde** debido al ruido, a una iluminación no uniforme, etc. Por ello, los algoritmos de detección de bordes, normalmente se siguen de procedimientos de enlazado de los mismos.

Un procesamiento local consiste en analizar las características de los vecinos en un entorno de cada uno de los píxeles de la imagen que se han detectado como borde. **Todos los puntos que son similares en algún sentido predeterminado, se enlazan.**

Detección de discontinuidades

Enlazado de bordes

Las dos principales propiedades utilizadas en este tipo de análisis para establecer la similitud de los píxeles del borde son:

1. **La intensidad de la respuesta del operador gradiente utilizado para producir el píxel del borde.** Un píxel del borde de coordenadas (s,t) que se encuentra en un entorno de vecindad determinado de un píxel de coordenadas (x,y) , tiene intensidad similar si: $|M(s,t) - M(x,y)| \leq E$ donde E es un umbral no negativo.
2. **La dirección del gradiente.** Un píxel del borde de coordenadas (s,t) que se encuentra en un entorno de un píxel de coordenadas (x,y) , tiene ángulo similar si: $|\alpha(s,t) - \alpha(x,y)| \leq A$ donde A es un valor umbral no negativo.

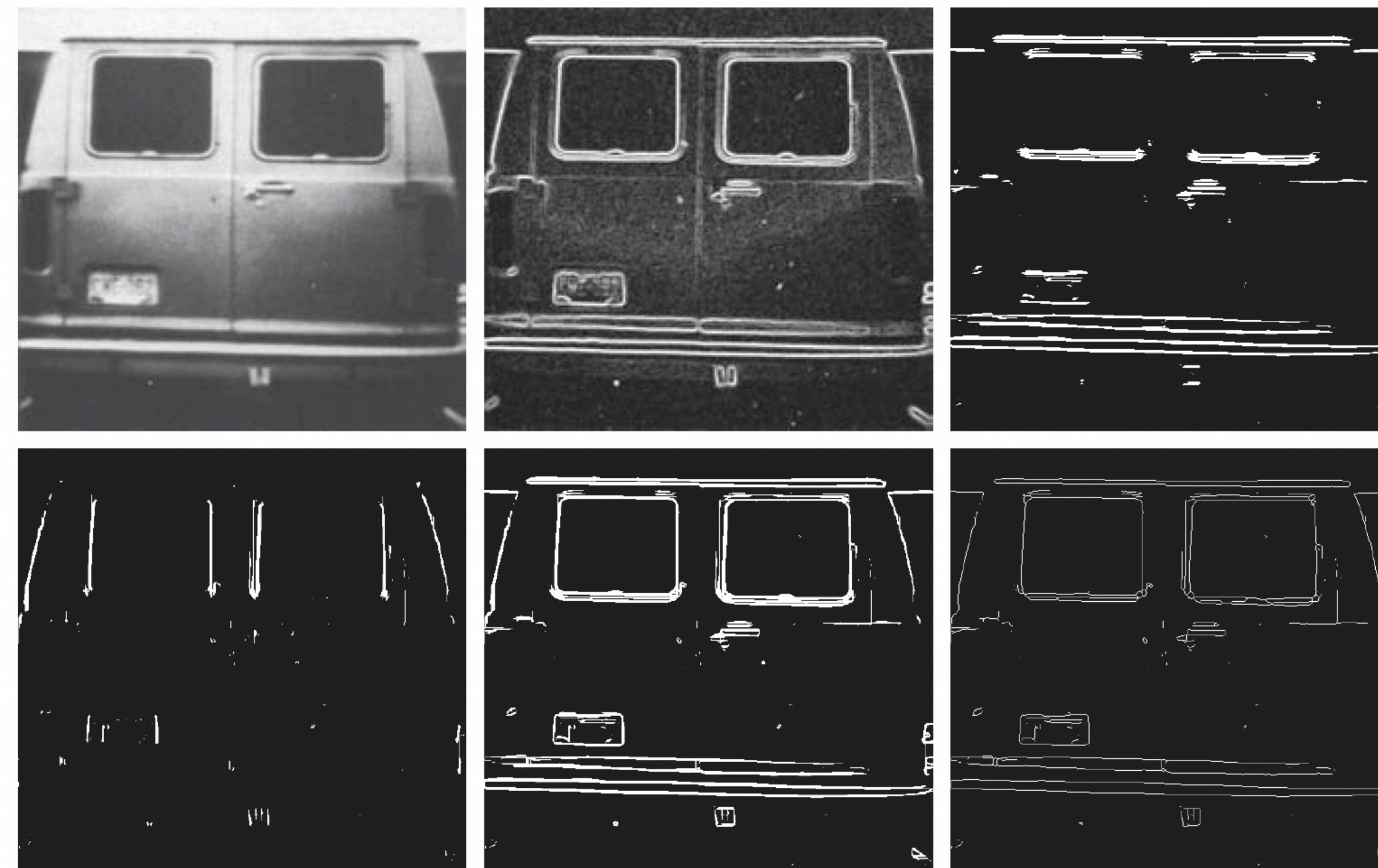
Detección de discontinuidades

Enlazado de bordes

| | | |
|---|---|---|
| a | b | c |
| d | e | f |

FIGURE 10.27

- (a) Image of the rear of a vehicle.
- (b) Gradient magnitude image.
- (c) Horizontally connected edge pixels.
- (d) Vertically connected edge pixels.
- (e) The logical OR of (c) and (d).
- (f) Final result, using morphological thinning. (Original image courtesy of Perceptics Corporation.)



Digital Image Processing 4th ed. - R. Gonzalez, R. Woods

Detección de discontinuidades

Enlazado de bordes

Otra técnica utilizada para el enlazado de bordes, esta vez de manera global, es a través de la *transformada de Hough*, la cual permite identificar los conjuntos de píxeles que se ubican sobre una curva o forma particular, que una vez identificada, se convierte en los bordes o límites de la región de interés.



Digital Image Processing 4th ed. - R. Gonzalez, R. Woods

Umbralización

Global se utiliza un umbral T único para toda la imagen.

Variable el umbral T cambia para diferentes regiones de la imagen.

Local se refiere a umbralización variable en la que el umbral depende de la intensidad de nivel de gris en una región o vecindario de píxeles.

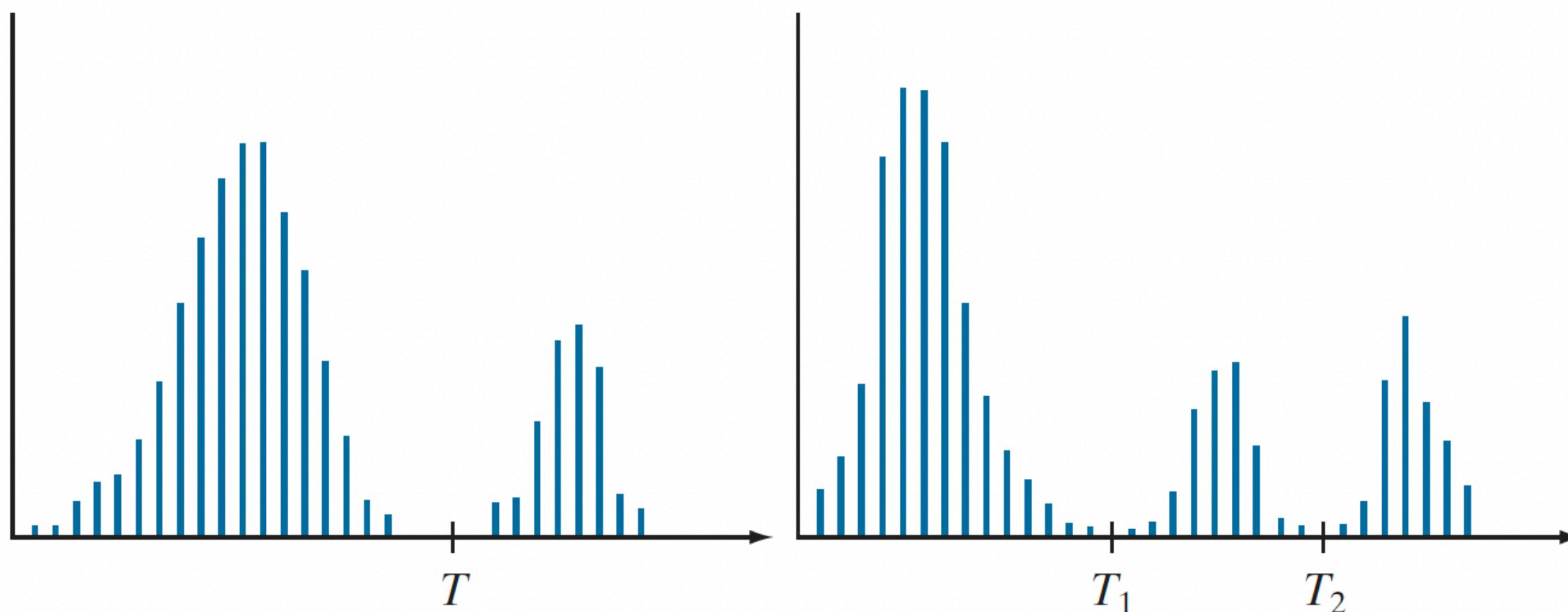
Adaptativa si el umbral depende de las coordenadas espaciales (x, y) .

Múltiple se utilizan varios umbrales T_1, T_2, \dots, T_n para separar múltiples objetos.

Umbralización

Los factores claves para obtener una buena segmentación mediante umbralización son:

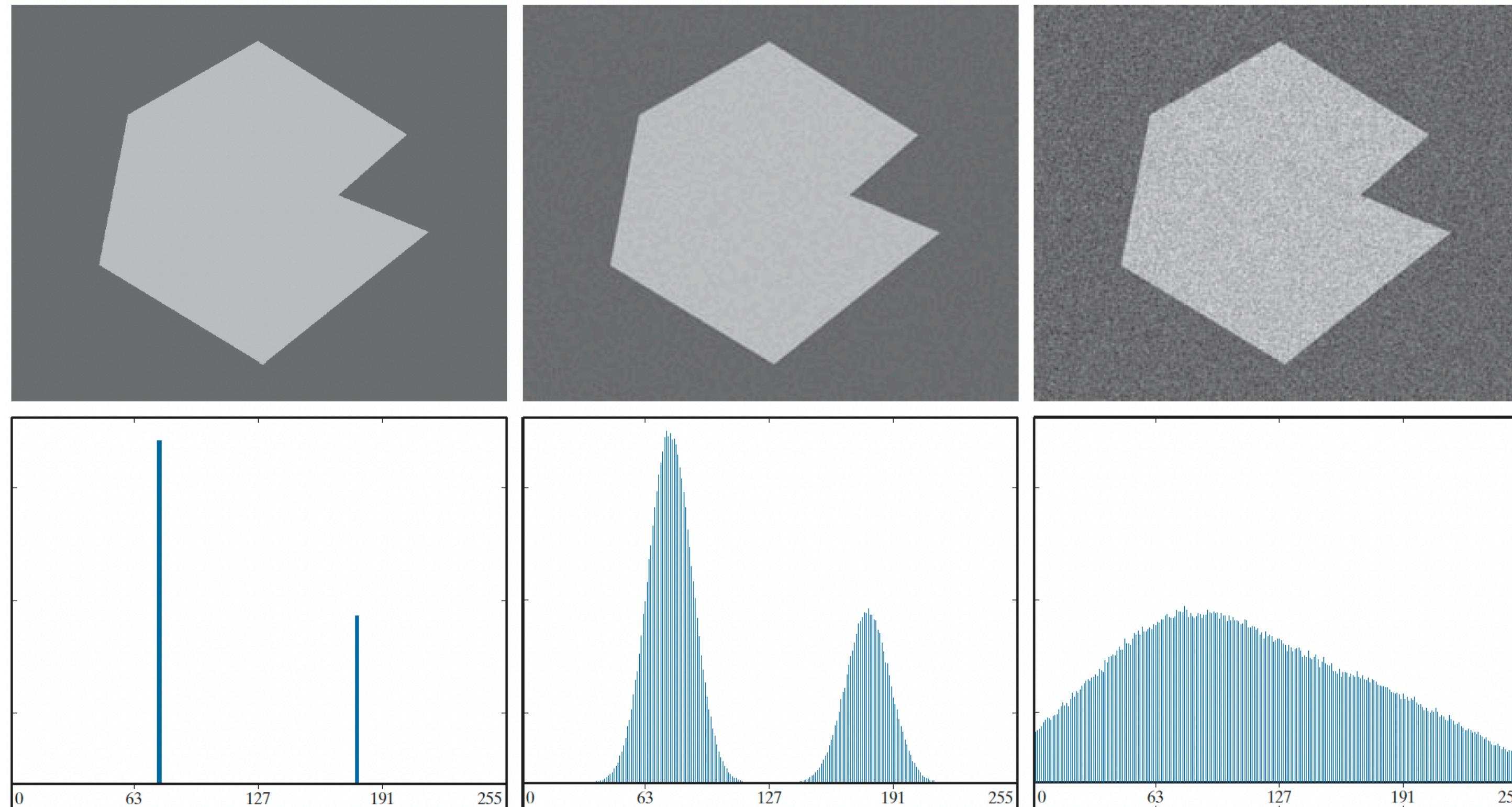
- Separación de los picos en el histograma
- Contenido de ruido en la imagen
- Tamaño relativo de los objetos respecto al fondo
- Iluminación y reflexión uniforme



Digital Image Processing 4th ed. - R. Gonzalez, R. Woods

Umbralización

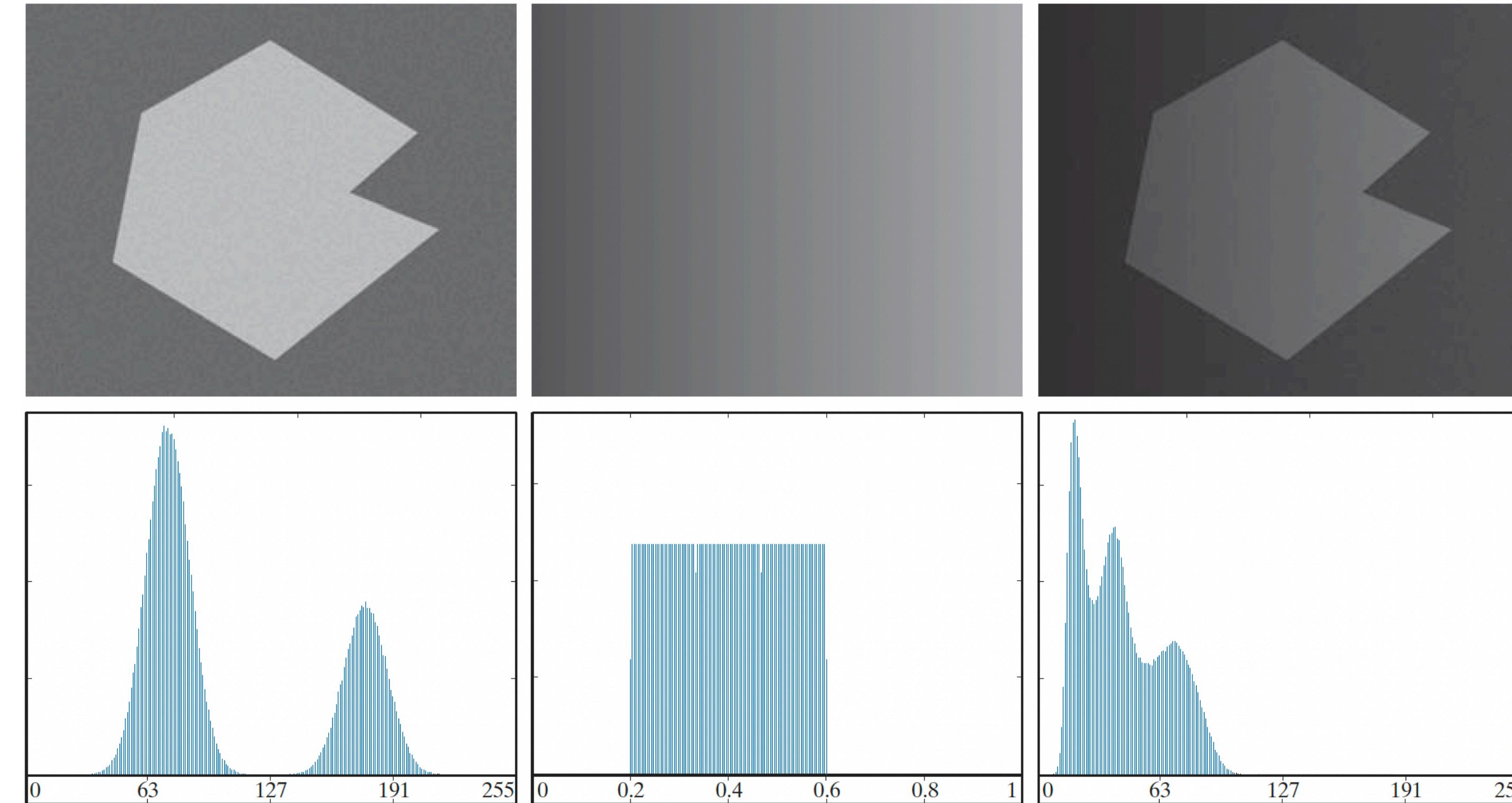
Efecto del ruido



Digital Image Processing 4th ed. - R. Gonzalez, R. Woods

Umbralización

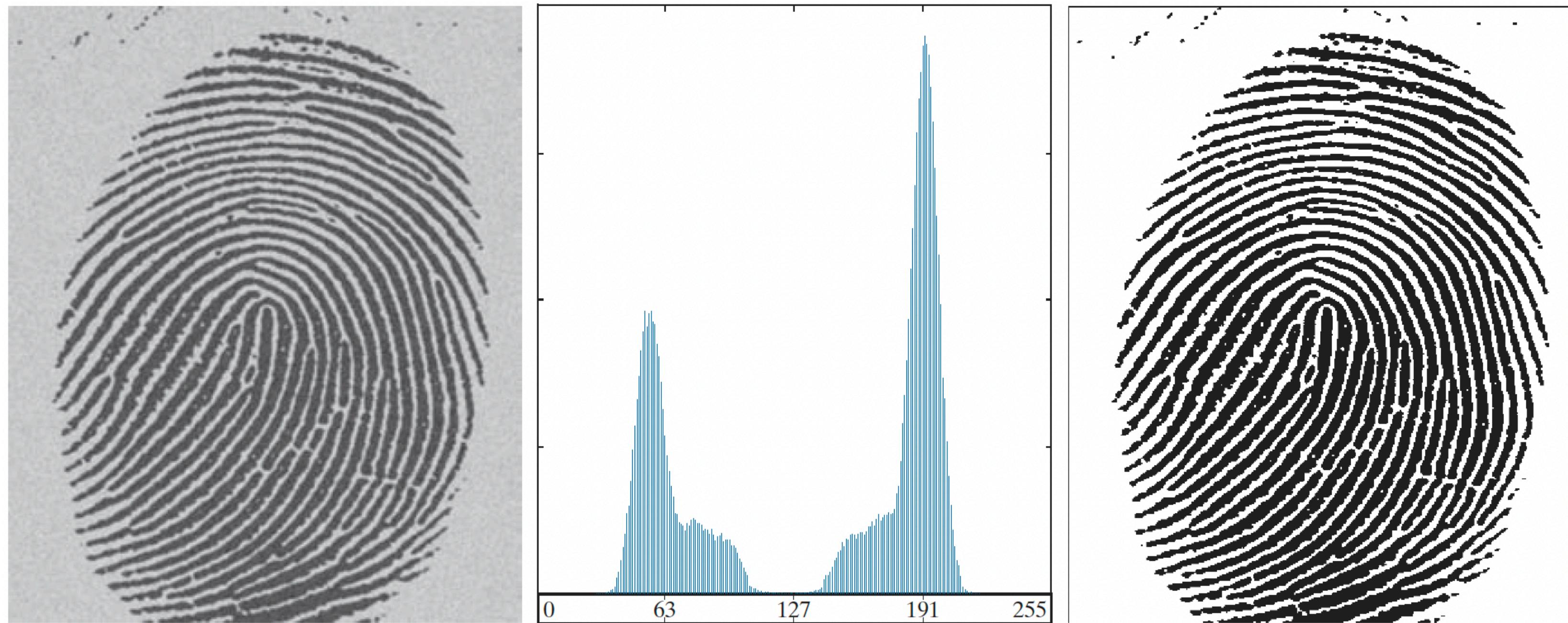
Efecto de la iluminación



Digital Image Processing 4th ed. - R. Gonzalez, R. Woods

Umbralización

Umbralización global



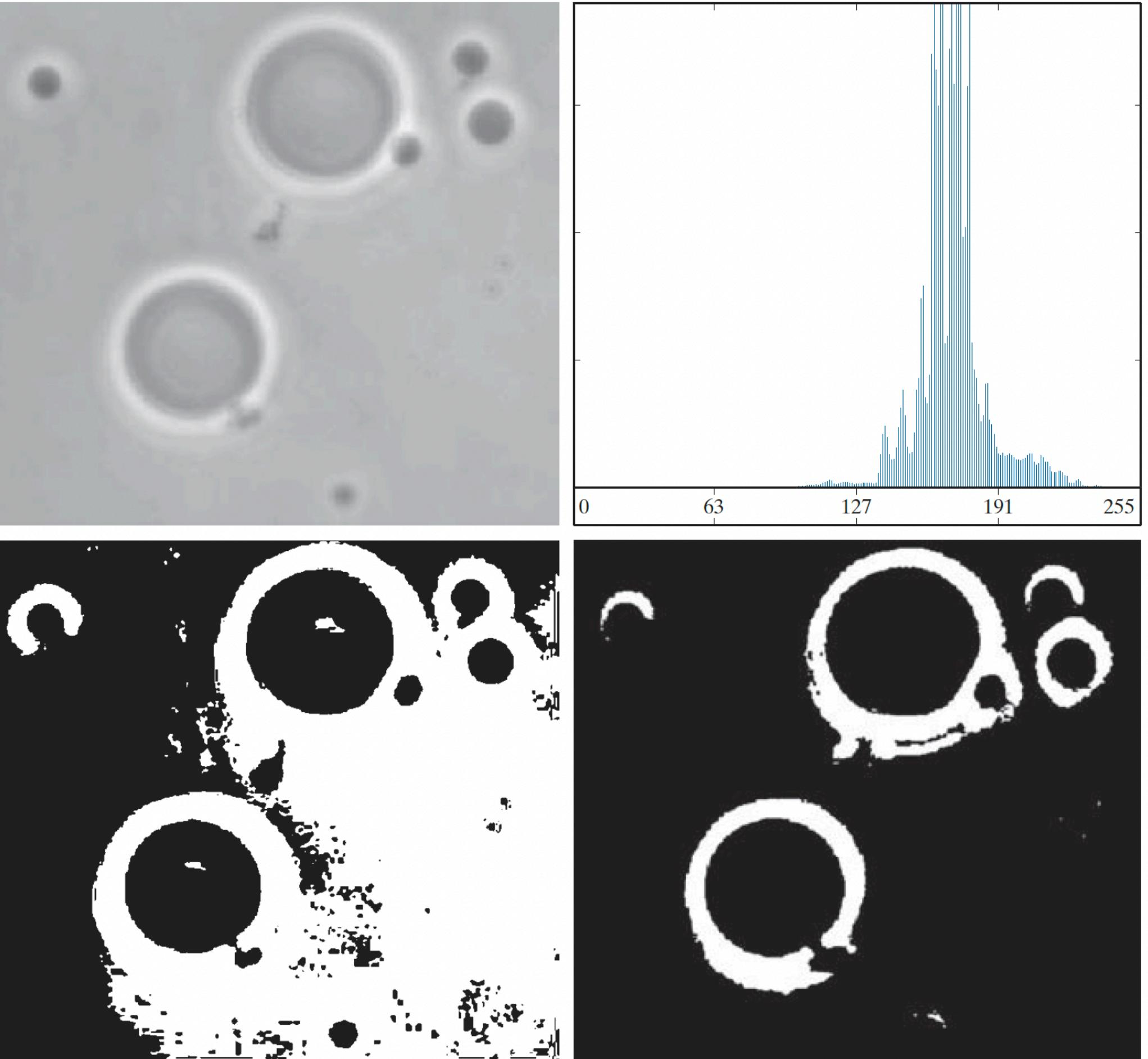
Digital Image Processing 4th ed. - R. Gonzalez, R. Woods

Umbralización

Umbralización global usando el método de Otsu

El procedimiento se puede resumir en los siguientes pasos:

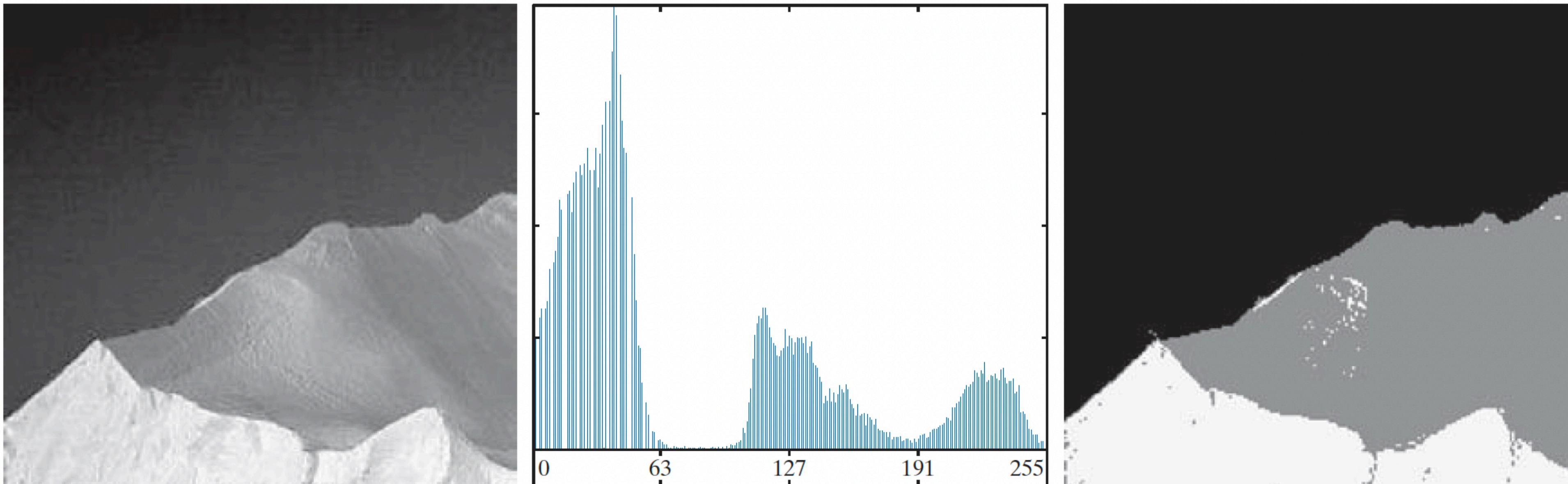
1. Convertir la imagen a escala de grises.
2. Calcular el histograma de la imagen.
3. Calcular la probabilidad acumulada y la media acumulada.
4. Calcular la varianza entre clases.
5. Encontrar el umbral óptimo: Identifica el nivel de gris que maximiza la varianza entre clases.
6. Umbralizar la imagen



Digital Image Processing 4th ed. - R. Gonzalez, R. Woods

Umbralización

Umbralización global múltiple



Digital Image Processing 4th ed. - R. Gonzalez, R. Woods

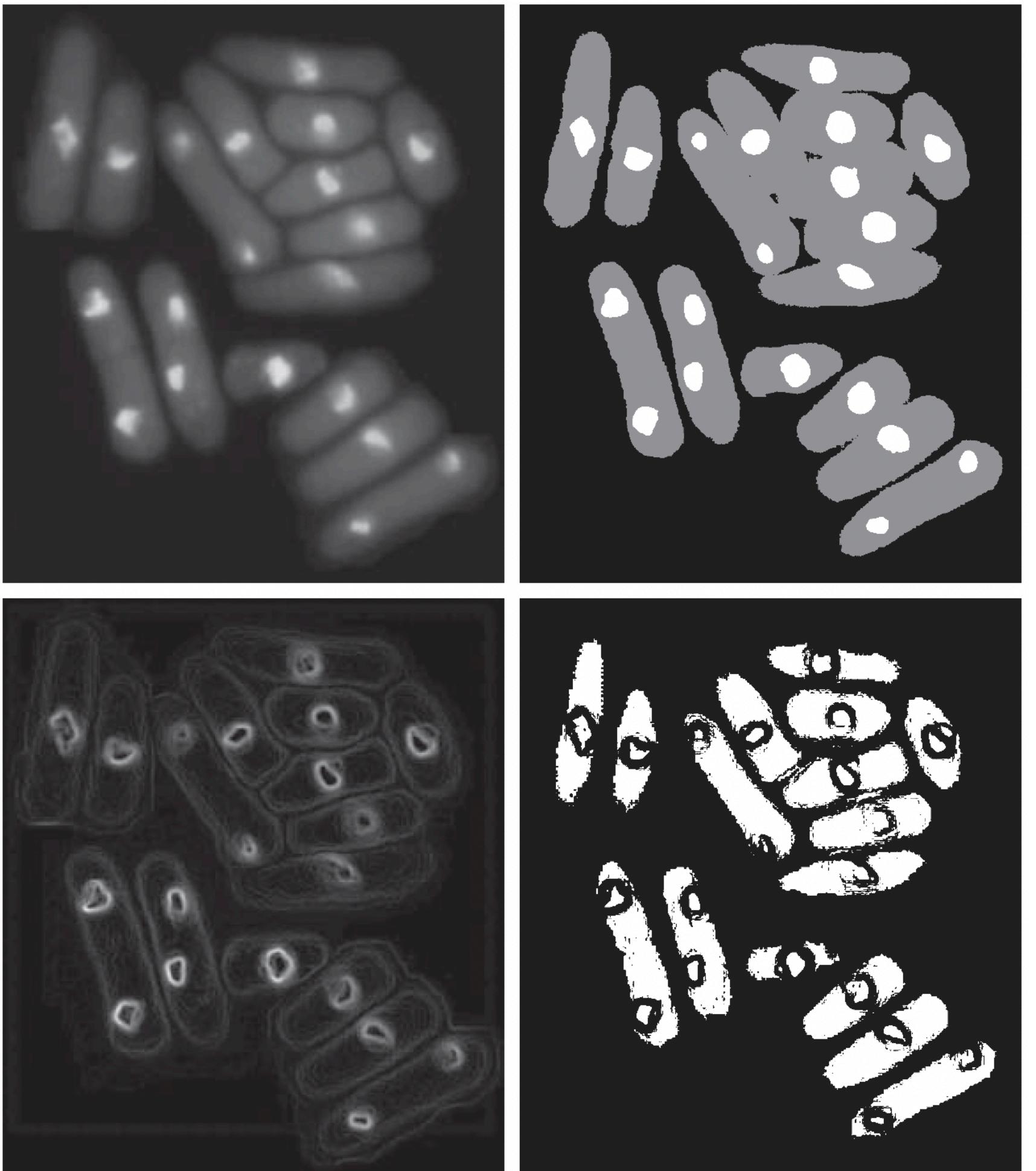
Umbralización

Umbralización variable

Calcular un umbral para cada píxel $f(x, y)$ en función del promedio y desviación estándar de los niveles de grises en una región centrada en el pixel.

$$T_{xy} = a\sigma_{xy} + bm_{xy}$$

Una forma común de definir el umbral variable



Digital Image Processing 4th ed. - R. Gonzalez, R. Woods

Referencias

- Digital Image Processing 4th ed. - R. Gonzalez, R. Woods