

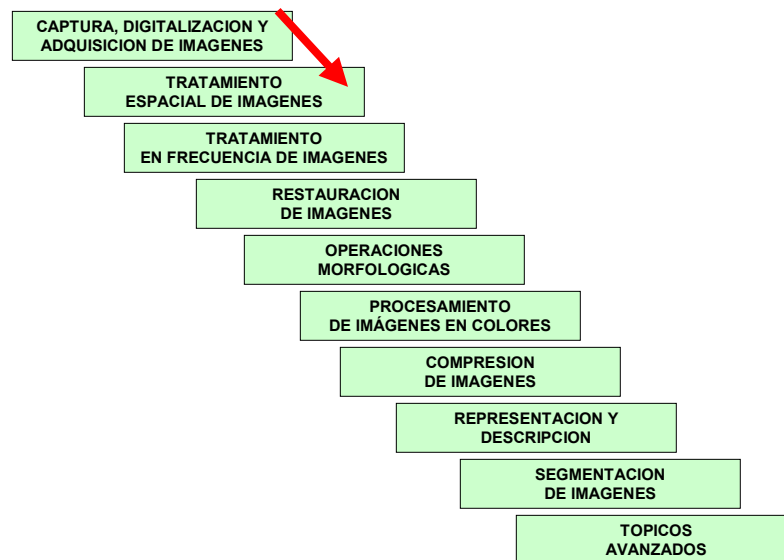
Procesamiento Digital de Imágenes

Pablo Roncagliolo B.

Nº 5b



Orden de las clases...



prb@2007

2

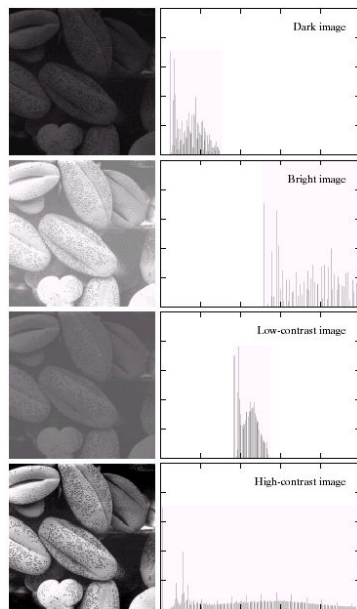


Ecualización de Histograma

prb@2007

3

Ecualización de Histograma: Dominio espacial: Ej. imágenes “mal ecualizadas”



a b

FIGURE 3.15 Four basic image types: dark, light, low contrast, high contrast, and their corresponding histograms. (Original image courtesy of Dr. Roger Heady, Research School of Biological Sciences, Australian National University, Canberra, Australia.)

4

Ecualización de Histograma:

Dominio espacial: Técnica de ecualización

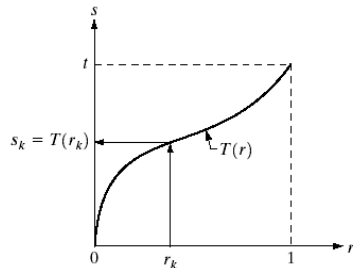


FIGURE 3.16 A gray-level transformation function that is both single valued and monotonically increasing.

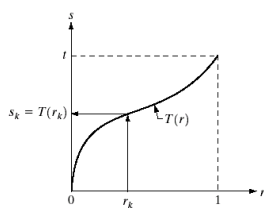
- La función de transformación T del histograma debe ser continua y creciente (para no generar “colores negativos”)

prb@2007

5

Ecualización de Histograma:

Dominio espacial: Técnica de ecualización



$$T(r_k) = \sum_{j=1}^k p_r(r_j) = \sum_{j=1}^k \frac{n_j}{n}$$

k: es el número de niveles de gris

p_r : es la probabilidad de un cierto nivel de gris

r_j : es un nivel de gris “j” específico

n_j : es el número de píxeles con nivel “j”

n: es el total de píxeles

- Una función de transformación clásica corresponde a la Función de Distribución Acumulada (Histograma Acumulado)

prb@2007

6

Ecualización de Histograma:

Dominio espacial: Resultados técnica de ecualización

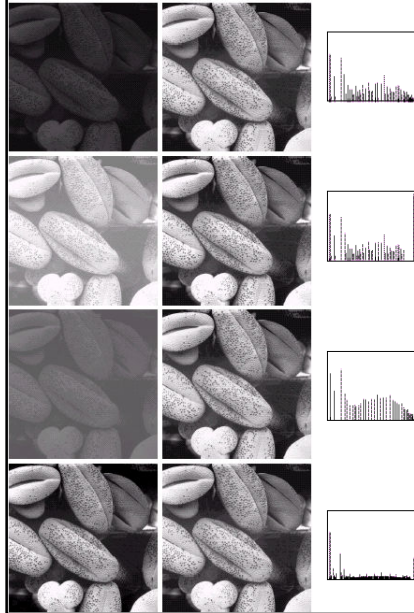


FIGURE 3.17 (a) Images from Fig. 3.15. (b) Results of histogram equalization. (c) Corresponding histograms.

Ecualización de Histograma:

Dominio espacial: Ecualización global vs local

$$T(r_k) = \sum_{j=1}^k \frac{n_j}{n}$$

- La ecualización global no siempre es una buena técnica para resaltar todos los detalles
- La ecualización local es similar pero se aplica sobre una vecindad “móvil”. El tamaño de esta vecindad influye notoriamente en el resultado.

Ecualización de Histograma:

Dominio espacial: Ecualización global vs local



$$T(r_k) = \sum_{j=1}^k \frac{n_j}{n}$$

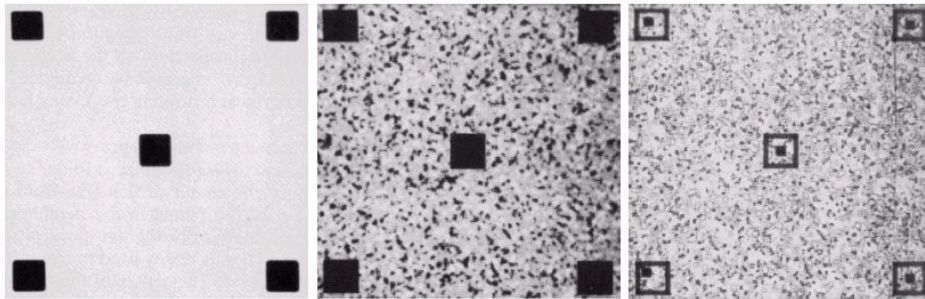
- Dado que la vecindad es “móvil” se puede optimizar el algoritmo → en cada paso se agrega sólo una nueva “columna” a la vecindad y se elimina la primera “columna” → Se puede evitar realizar todo el ciclo de vecindad nuevamente. → TAREA !!

prb@2007

9

Ecualización de Histograma:

Dominio espacial: Ecualización global vs local



a b c

FIGURE 3.23 (a) Original image. (b) Result of global histogram equalization. (c) Result of local histogram equalization using a 7×7 neighborhood about each pixel.

prb@2007

10



Algunas consideraciones especiales respecto a filtros

prb@2007

11



Tratamiento de Imágenes: Dominio espacial: TIPOS DE FILTROS



- Filtros de Amplitud
Actúan directamente sobre las intensidades de los pixeles
- Filtros Topológicos
Actúan sobre la posición de los pixeles

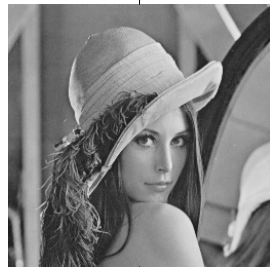
prb@2007

12

Tratamiento de Imágenes: Dominio espacial: TIPOS DE FILTROS



Filtros de Amplitud



“BRILLO”



“PUNCH”



prb@2007

Filtros Topológicos

Tratamiento de Imágenes: Dominio espacial: ALGUNAS CONSIDERACIONES



Filtro representado
por una Matriz 3x3:

$$\frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Imagen (5x5):

6	4	5	6	8
9	0	4	8	5
3	2	3	4	2
9	2	3	6	1
7	8	9	0	4

Algoritmo:

Para cada pixel de la imagen

- Posicionar el centro del filtro sobre el pixel
- Calcular média ponderada de los pixels vecinos segun los valores del filtro

Ejemplo:

$$(2+3+4+2+3+6+8+9+0) / 9 \approx 4$$

6	4	5	6	8
9	0	4	8	5
3	2	3	4	2
9	2	3	6	1
7	8	9	0	4

prb@2007

14

Tratamiento de Imágenes: Dominio espacial: ALGUNAS CONSIDERACIONES



- La Complejidad o número de ciclos de operaciones entre una imagen $m \times n$ y un filtro $p \times q$?
→ $m \cdot n \cdot p \cdot q$
- Algunos filtros pueden contener valores negativos, generando resultados negativos. También las operaciones con filtros pueden generar valores fuera del espacio de colores (por ejemplo mayores a 255)
- Soluciones:
 - Redondear al valor existente más cercano (negativos $\rightarrow 0$).
 - ó
 - “Levantar” el nivel de la imagen y ajustar la escala. (Offset + Ajuste de Escala)

prb@2007

15

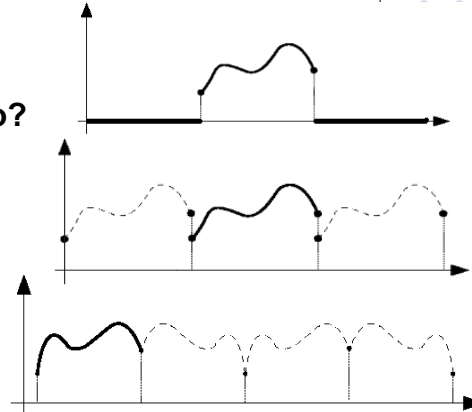
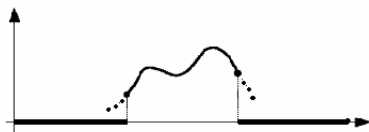
Tratamiento de Imágenes: Dominio espacial: ALGUNAS CONSIDERACIONES



(Padding)

¿Cómo extender el dominio?

- Extensión nula
- Extensión periódica
- Extensión por reflexión
- Extensión por interpolación



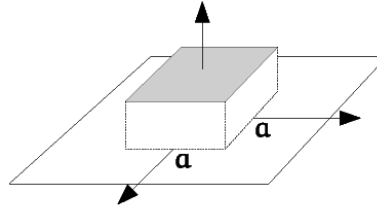
prb@2007

16

Tratamiento de Imágenes: Dominio espacial: ALGUNAS CONSIDERACIONES



Filtro BOX

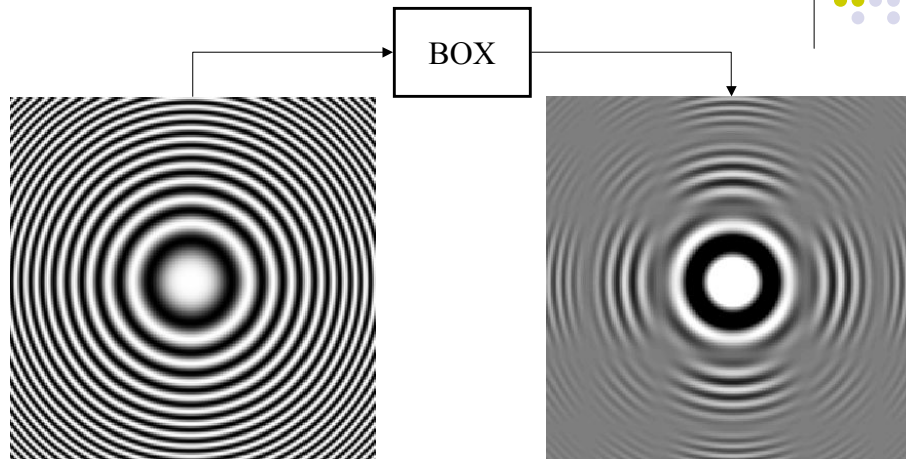
$$1/9 \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$


El filtro pondera con igual valor los píxel a distancia “1” con los píxel a distancia “ $\sqrt{2}$ ”

prb@2007

17

Tratamiento de Imágenes: Dominio espacial: ALGUNAS CONSIDERACIONES

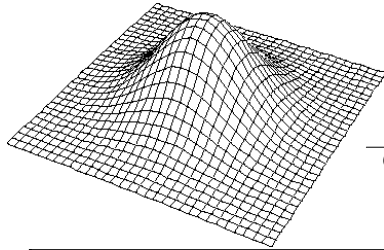


- Se denomina filtro ANISOTROPICO, pues no “respeta” la distancia euclidiana

prb@2007

18

El filtro Gaussiano: es ISOTROPICO



$$\frac{1}{64} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 3 & 3 & 1 \\ 3 & 9 & 9 & 3 \\ 3 & 9 & 9 & 3 \\ 1 & 3 & 3 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\frac{1}{16} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

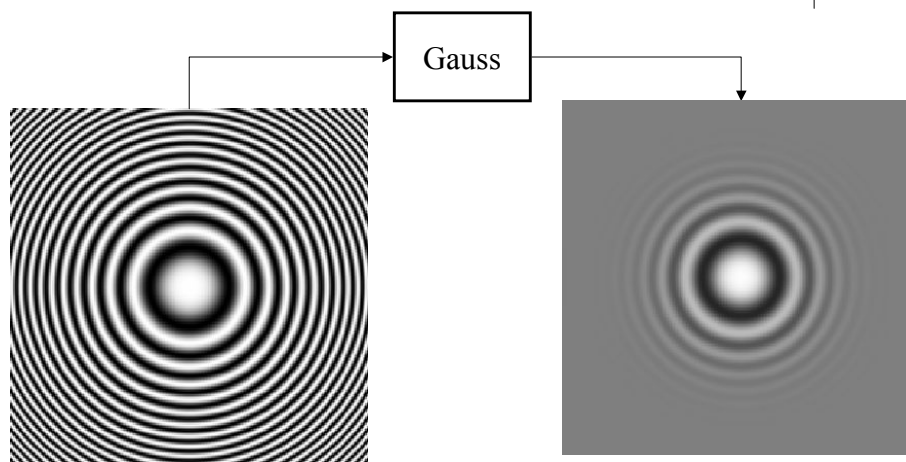
n	2 ⁿ	Máscara de coeficientes
1	2	1 1
2	4	1 2 1
3	8	1 3 3 1
4	16	1 4 6 4 1
5	32	1 5 10 10 5 1
6	64	1 6 15 20 15 6 1
7	128	1 7 21 35 35 21 7 1
8	256	1 8 28 56 70 56 28 8 1

$$\frac{1}{256} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 4 & 6 & 4 & 1 \\ 4 & 16 & 24 & 16 & 4 \\ 6 & 24 & 36 & 24 & 6 \\ 4 & 16 & 24 & 16 & 4 \\ 1 & 4 & 6 & 4 & 1 \end{bmatrix}$$

→ Triángulo de pascal para generación de coeficientes discretos Gaussianos

19

Resultado de Filtro Gaussiano



prb@2007

• Es ISOTROPICO

20



Cuantificación del Error entre dos imágenes

prb@2007

21



Cuantificación del “error” o “ruido” en imágenes

$$error = I'(c, f) - I(c, f)$$

Error Cuadrático Medio, permite estimar la varianza del ruido de la imagen

$$ecm = \frac{1}{nc \cdot nf} \sum_{c=1}^{nc} \sum_{f=1}^{nf} (I'(c, f) - I(c, f))^2$$

prb@2007

22

Cuantificación del “error” o “ruido” en imágenes



Relación Señal a Ruido

$$SNR = \frac{\sum_{c=1}^{nc} \sum_{f=1}^{nf} (I(c, f) - media_I)^2}{\sum_{c=1}^{nc} \sum_{f=1}^{nf} (error)^2}$$

Relación Señal a Ruido en decibeles

$$SNR_{dB} = 10 \log_{10}(SNR)$$

prb@2007

23

Derivadas de una imagen: Detección de bordes



prb@2007

24

Cuantificación del “error” o “ruido” en imágenes



$$error = I'(c, f) - I(c, f)$$

Error Cuadrático Medio, permite estimar la varianza del ruido de la imagen

$$ecm = \frac{1}{nc \cdot nf} \sum_{c=1}^{nc} \sum_{f=1}^{nf} (I'(c, f) - I(c, f))^2$$

prb@2007

25

Cuantificación del “error” o “ruido” en imágenes



Relación Señal a Ruido

$$SNR = \frac{\sum_{c=1}^{nc} \sum_{f=1}^{nf} (I(c, f) - media_I)^2}{\sum_{c=1}^{nc} \sum_{f=1}^{nf} (error)^2}$$

Relación Señal a Ruido en decibels

$$SNR_{dB} = 10 \log_{10}(SNR)$$

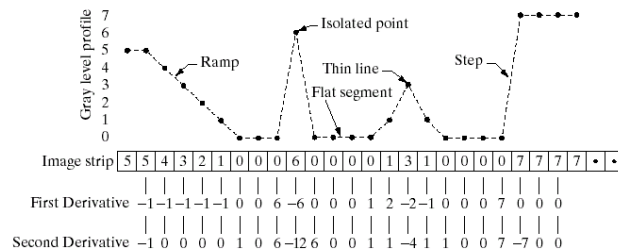
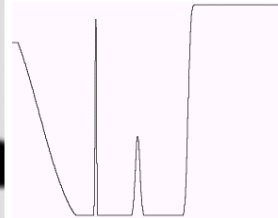
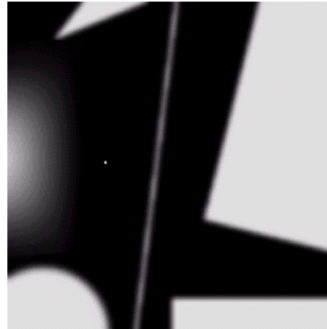
prb@2007

26

Tratamiento de Imágenes: Dominio espacial: FILTROS

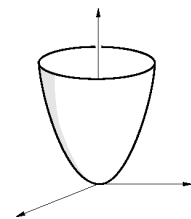
a b
c

FIGURE 3.38
(a) A simple image. (b) 1-D horizontal gray-level profile along the center of the image and including the isolated noise point.
(c) Simplified profile (the points are joined by dashed lines to simplify interpretation).



27

Consideraciones con valores negativos



**Ej. Filtro
Laplaciano
(Pasa Alto)**

0	1	0
1	-4	1
0	1	0

1	1	1
1	-8	1
1	1	1

- Se truncan los valores <0
- Se suma un "offset" y se ajusta escala

prb@2007



Tratamiento de Imágenes: Dominio espacial: FILTROS

0	1	0	1	1	1
1	-4	1	1	-8	1
0	1	0	1	1	1
0	-1	0	-1	-1	-1
-1	4	-1	-1	8	-1
0	-1	0	-1	-1	-1

a b
c d

FIGURE 3.39
(a) Filter mask used to implement the digital Laplacian, as defined in Eq. (3.7-4). (b) Mask used to implement an extension of this equation that includes the diagonal neighbors. (c) and (d) Two other implementations of the Laplacian.

prb@2007

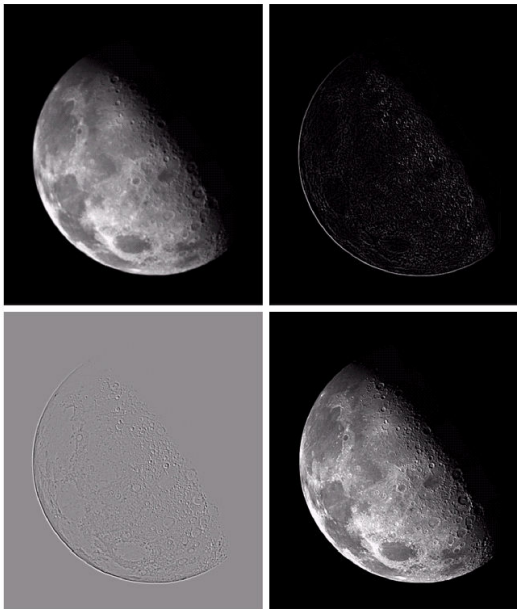
Imágenes: Gonzalez&Wood

29

Tratamiento de Imágenes: Dominio espacial: FILTROS

a b
c d

FIGURE 3.40
(a) Image of the North Pole of the moon.
(b) Laplacian-filtered image.
(c) Laplacian image scaled for display purposes.
(d) Image enhanced by using Eq. (3.7-5). (Original image courtesy of NASA.)



prb@2007

30

Tratamiento de Imágenes: Dominio espacial: FILTROS

0	1	0	1	1	1
1	-4	1	1	-8	1
0	1	0	1	1	1
0	-1	0	-1	-1	-1
-1	4	-1	-1	8	-1
0	-1	0	-1	-1	-1

a b
c d

FIGURE 3.39
(a) Filter mask used to implement the digital Laplacian, as defined in Eq. (3.7-4). (b) Mask used to implement an extension of this equation that includes the diagonal neighbors. (c) and (d) Two other implementations of the Laplacian.

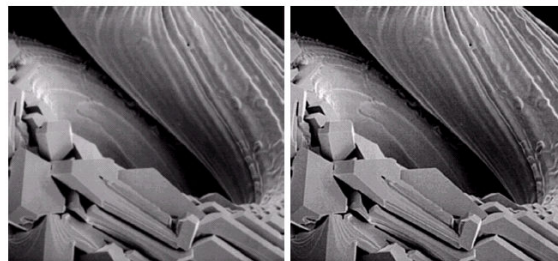
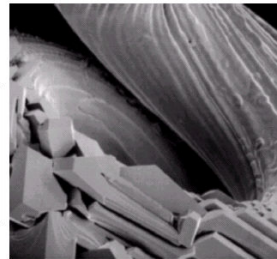
prb@2007

Imágenes: Gonzalez&Wood

31

Tratamiento de Imágenes: Dominio espacial: FILTROS

0	-1	0	-1	-1	-1
-1	5	-1	-1	9	-1
0	-1	0	-1	-1	-1



a b c
d e

FIGURE 3.41 (a) Composite Laplacian mask. (b) A second composite mask. (c) Scanning electron microscope image. (d) and (e) Results of filtering with the masks in (a) and (b), respectively. Note how much sharper (e) is than (d). (Original image courtesy of Mr. Michael Shaffer, Department of Geological Sciences, University of Oregon, Eugene.)

prb@2007

32

Tratamiento de Imágenes: Dominio espacial: FILTROS

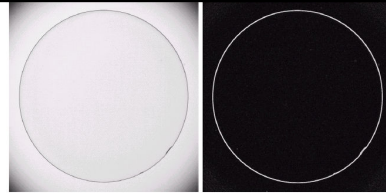


FIGURE 3.45
Optical image of contact lens (note defects on the boundary at 4 and 5 o'clock). (b) Sobel gradient. (Original image courtesy of Mr. Pete Sites, Perceptics Corporation.)

a
b c
d e

FIGURE 3.44
A 3×3 region of an image (the z 's are gray-level values) and masks used to compute the gradient at point labeled z_5 . All masks coefficients sum to zero, as expected of a derivative operator.

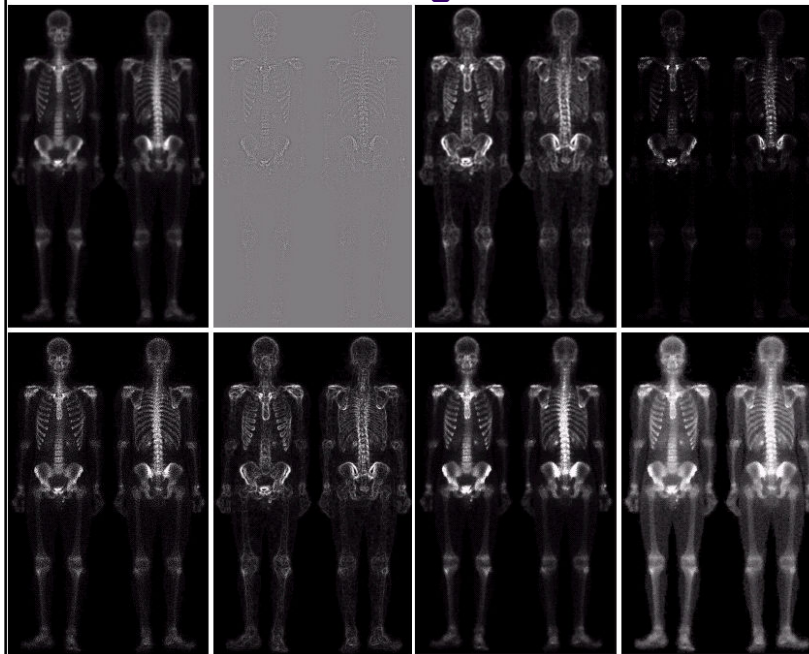
z_1	z_2	z_3
z_4	z_5	z_6
z_7	z_8	z_9

-1	0	0	-1
0	1	1	0

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

33

Tratamiento de Imágenes:



a b
c d

FIGURE 3.46
(a) Image of whole body bone scan. (b) Laplacian of (a). (c) Sharpened image obtained by adding (a) and (b). (d) Sobel of (a).

e f
g h

FIGURE 3.46
(Continued)
(e) Sobel image smoothed with a 5×5 averaging filter. (f) Mask image formed by the product of (c) and (e). (g) Sharpened image obtained by the sum of (a) and (f). (h) Final result obtained by applying a power-law transformation to (g). Compare (g) and (h) with (a). (Original image courtesy of G.E. Medical Systems.)