

# Procesamiento Digital de Imágenes

## Unidad II (a): Operaciones en el dominio espacial (1º parte)

Departamento de Informática - FICH  
Universidad Nacional del Litoral

19 de marzo de 2018

**FICH**

**UNL**

# Conceptos básicos

- Las operaciones de **mejora de calidad (realce)** son las más sencillas y utilizadas en PDI.
- Objetivo general: destacar los detalles de interés, obteniendo una salida "visualmente mejor" que la entrada.
- Ejemplo: aumento de contraste de una imagen para que tenga "mejor aspecto".



# Conceptos básicos

- Es un concepto muy subjetivo (¿qué procesamiento aplico?, ¿la imagen mejora?), a diferencia de las operaciones de restauración.
- Los algoritmos son concretos y de aplicación directa.
- Existen dos categorías:
  - Dominio del espacio: modificaciones en el plano de la imagen.

$$g(m, n) = T[f(m, n)]$$

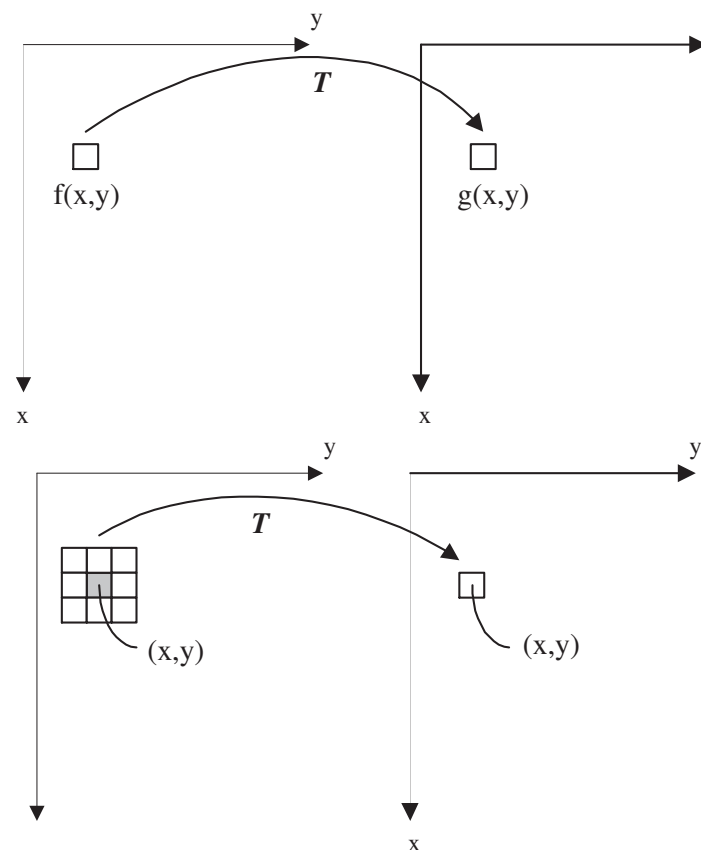
- Dominio de la frecuencia: modificaciones en la transformada de Fourier de la imagen.

$$G(u, v) = T[F(u, v)], \text{ donde}$$

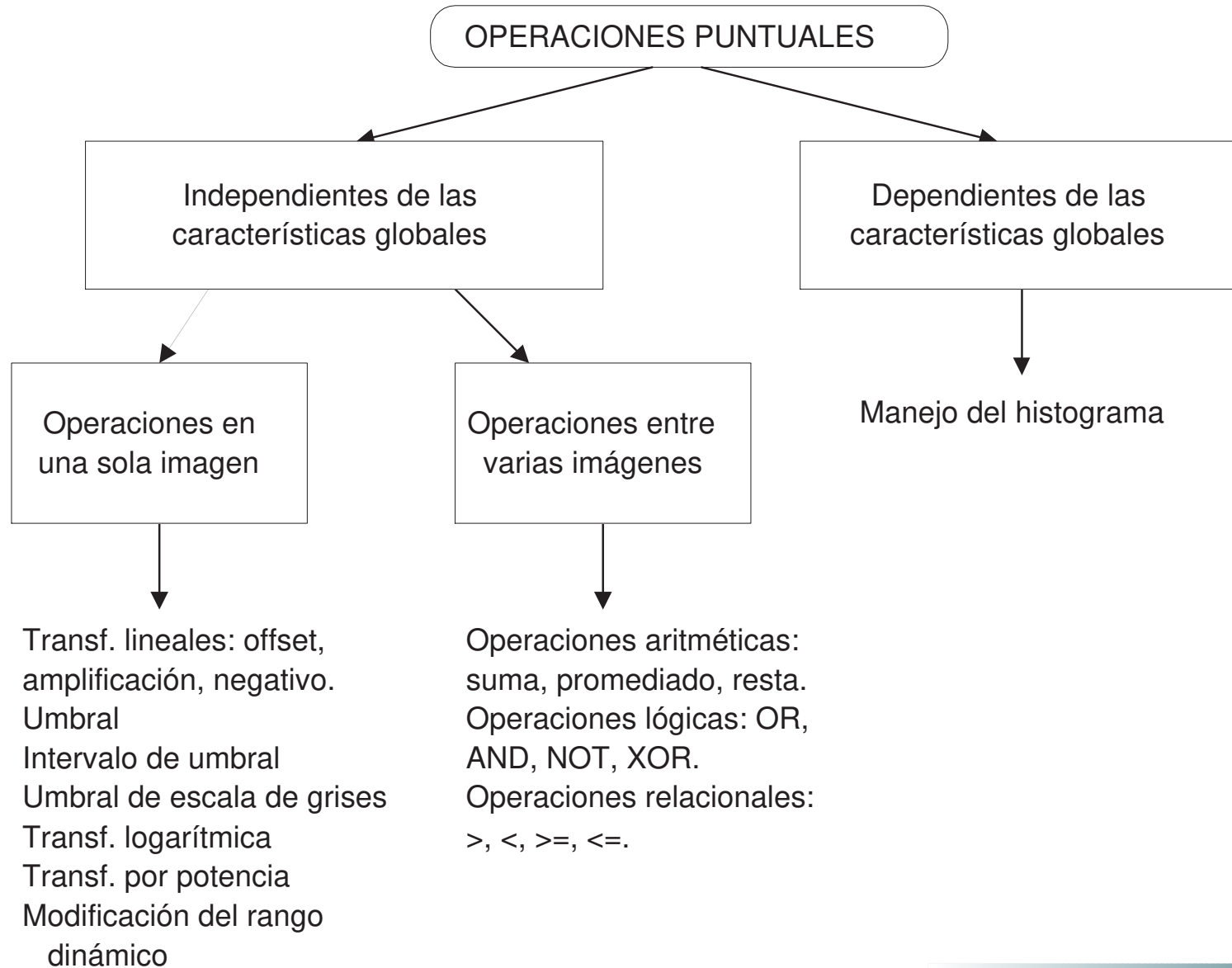
$$F(u, v) = \mathcal{F}[f(m, n)] \text{ y } G(u, v) = \mathcal{F}[g(m, n)]$$

# Transformaciones espaciales: clasificación

- Operaciones puntuales: el resultado depende únicamente del valor de intensidad en el pixel procesado.
- Operaciones locales: el resultado es función del nivel de gris del pixel analizado y de los de su entorno (vecindad).
- Operaciones globales: la imagen se transforma sin considerar los pixeles individualmente.
- Operaciones geométricas: cambio de *posición* de cada pixel dependiente de la posición en la imagen original.



# Temas a desarrollar



# Operaciones en una sola imagen

- Transformaciones rectilíneas: ecuación general

$$s = ar + c$$

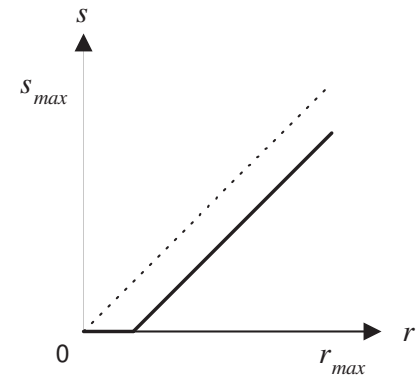
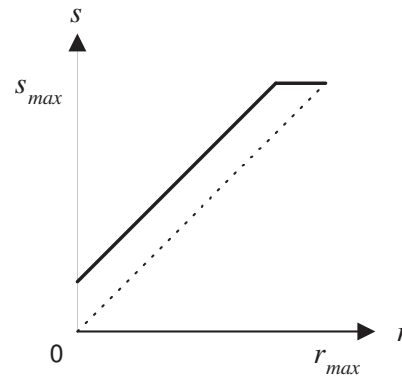
donde      $r$ : valor de entrada  
              $a$ : factor de ganancia  
              $c$ : offset

- *Clipping*: corte a intensidades menores que 0 y saturación a intensidades mayores que  $s_{max}$ .

# Operaciones en una sola imagen

- Caso 1: manejo del offset ( $a = 1$ )

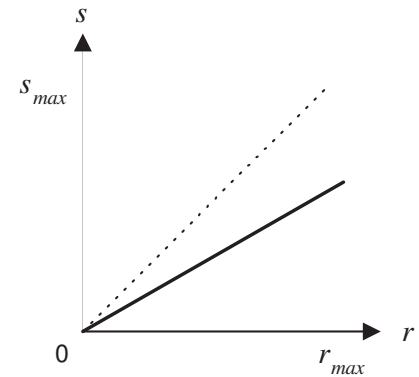
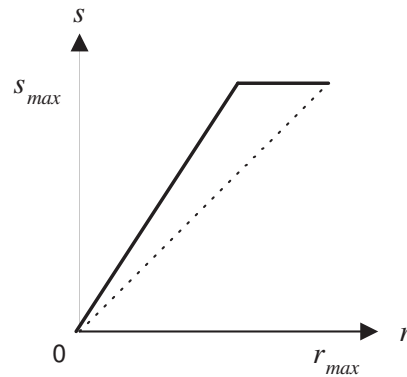
$$s = r + c \begin{cases} c > 0 & \text{imagen mas brillante} \\ c < 0 & \text{imagen mas oscura} \end{cases}$$



# Operaciones en una sola imagen

- Caso 2: amplificación ( $c = 0$ )

$$s = ar \begin{cases} a > 1 & \text{amplificación} \\ a < 1 & \text{disminución} \end{cases}$$





# Operaciones en una sola imagen

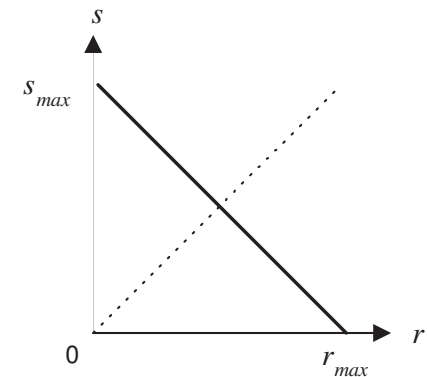
- Caso 3: Negativo

$$s = -r$$

Renormalización a rango positivo:

$$s = r_{max} - r, \text{ con } r = [0, r_{max}]$$

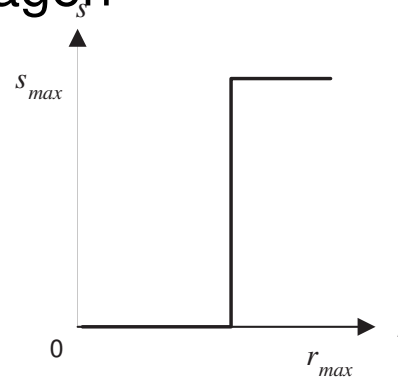
Caso particular de la ecuación general, con  $a = -1$  y  $c = r_{max}$



# Operaciones en una sola imagen

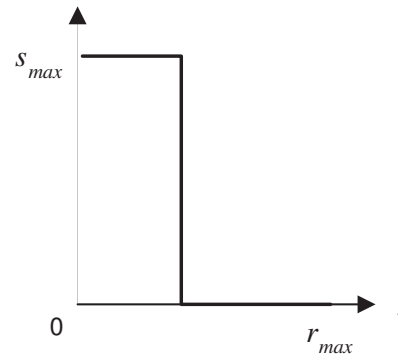
- Operador umbral: binariza la imagen

$$s = \begin{cases} 0 & \text{para } p \leq p_1 \\ s_{max} & \text{para } p > p_1 \end{cases}$$



- Operador umbral invertido

$$s = \begin{cases} s_{max} & \text{para } p \leq p_1 \\ 0 & \text{para } p > p_1 \end{cases}$$

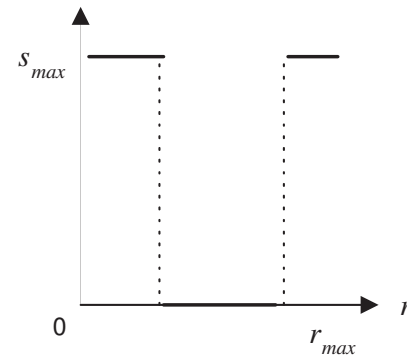


- $p_1$ : nivel de transición.

# Operaciones en una sola imagen

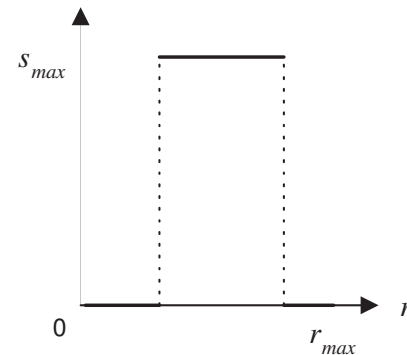
- Operador intervalo de umbral

$$s = \begin{cases} s_{max} & \text{para } p \leq p_1 \text{ y } p \geq p_2 \\ 0 & \text{para } p_1 < p < p_2 \end{cases}$$



- Operador intervalo de umbral invertido

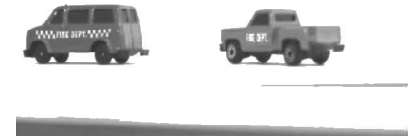
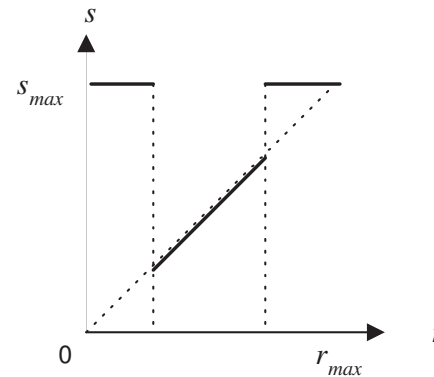
$$s = \begin{cases} 0 & \text{para } p \leq p_1 \text{ y } p \geq p_2 \\ s_{max} & \text{para } p_1 < p < p_2 \end{cases}$$



# Operaciones en una sola imagen

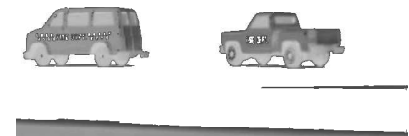
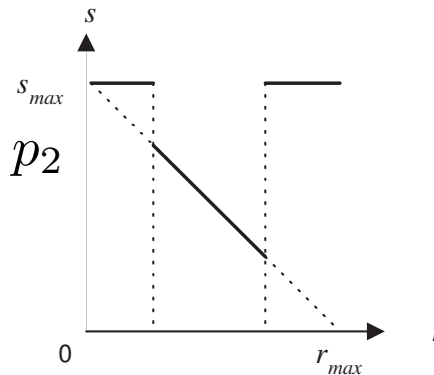
- Operador umbral de escala de grises

$$s = \begin{cases} s_{max} & \text{para } p \leq p_1 \text{ y } p \geq p_2 \\ p & \text{para } p_1 < p < p_2 \end{cases}$$



- Operador umbral de escala de grises invertido

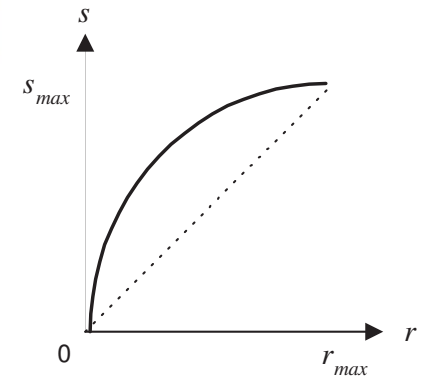
$$s = \begin{cases} s_{max} & \text{para } p \leq p_1 \text{ y } p \geq p_2 \\ s_{max} - p & \text{para } p_1 < p < p_2 \end{cases}$$



# Operaciones en una sola imagen

- Transformación logarítmica

$$s = c \log(1 + r)$$

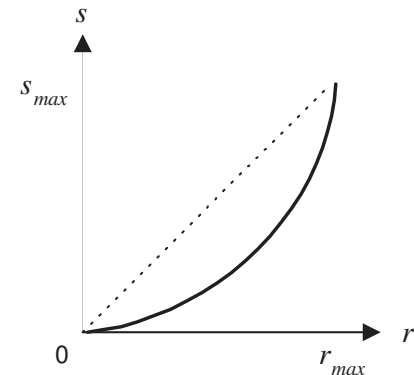


- Utilizada cuando la imagen de entrada tiene un rango dinámico grande, expande las intensidades oscuras y comprime las intensidades claras.

# Operaciones en una sola imagen

- Transformación de potencia: corrección gamma. Se utiliza para modelar dispositivos de visualización y ajustar la salida.

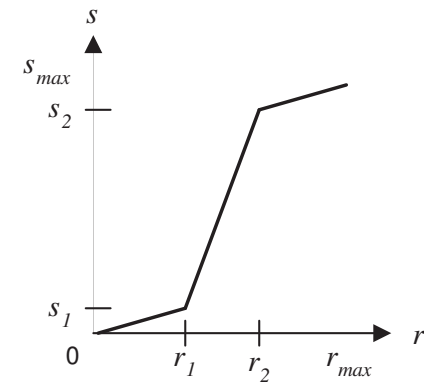
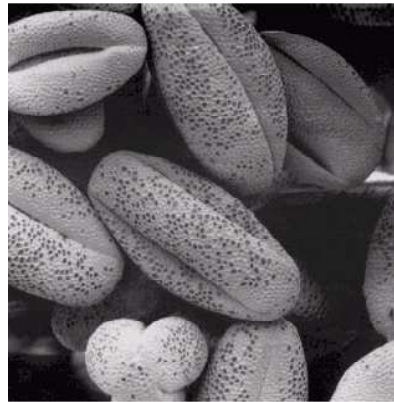
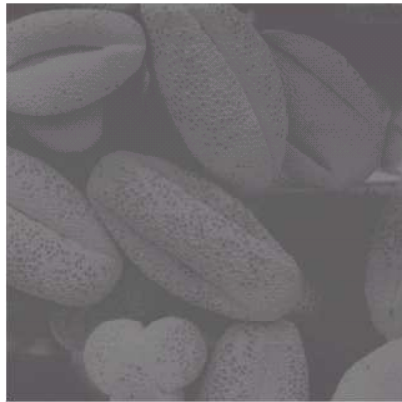
$$s = cr^\gamma$$



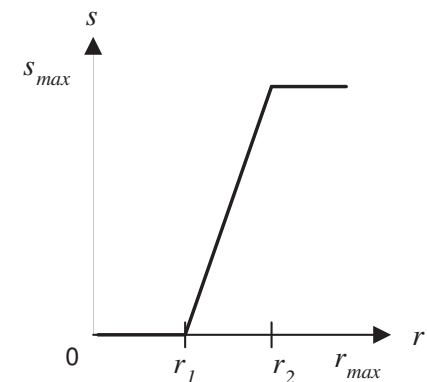
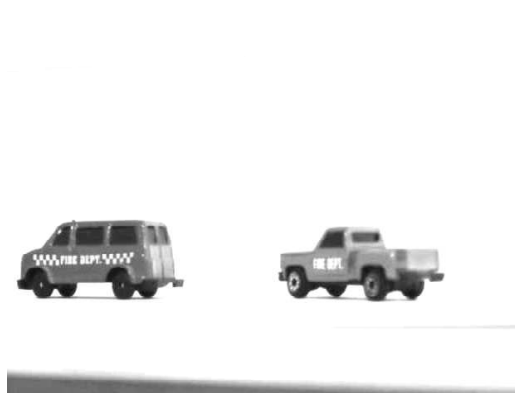
- Corrección con  $\gamma < 1$  la desviación de los tubos de CRT con  $\gamma > 1$ .

# Operaciones en una sola imagen

- Modificación del rango dinámico: utilizado para incrementar el contraste en alguna zona de interés de la imagen de entrada (ej: contraste lineal por tramos)



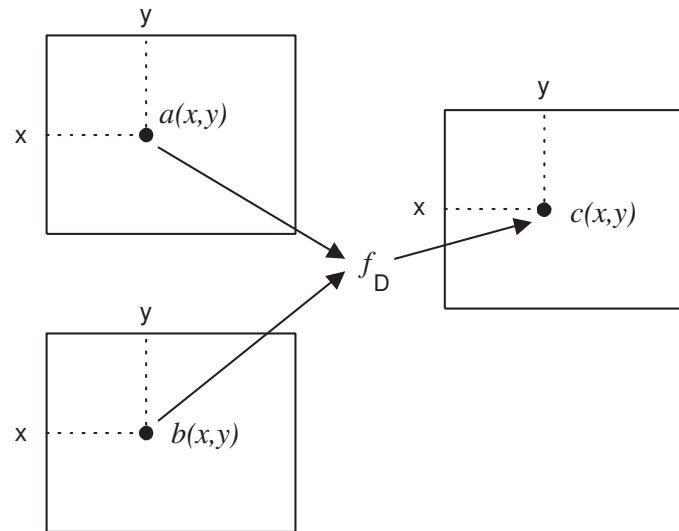
- Ventaneo: utilizado con imágenes con rango mayor al dispositivo de visualización (ej: tomografía computada)



# Operaciones entre varias imágenes

- Transformación punto a punto entre dos o más imágenes, para crear una imagen de salida, de igual dimensión.

$$c_{x,y} = f_D(a_{x,y}, b_{x,y})$$



- $f_D$ : función lineal o no lineal, con factor de escala  $k$  apropiado.



# Operaciones entre varias imágenes

- Operaciones aritméticas: suma

$$b(x, y) = (1 - \alpha)f(x, y) + \alpha g(x, y), \quad 0 \leq \alpha \leq 1$$

Mezcla lineal (*alpha blending*) de 2 imágenes

- Fusión de varias imágenes

$$c_{x,y} = \frac{(a_{x,y}^1 + \dots + a_{x,y}^N)}{N}$$

con  $N$ : número de imágenes

# Operaciones entre varias imágenes

- Uso en reducción de ruido mediante promediado
  - Ruido: fenómeno aleatorio que contamina una imagen.
  - Típicamente modelado como un proceso aditivo:

$$g(x, y) = f(x, y) + \eta(x, y), \text{ donde } \begin{cases} g(x, y) : \text{imagen contaminada} \\ f(x, y) : \text{imagen original (limpia)} \\ \eta(x, y) : \text{ruido} \end{cases}$$

- Usualmente  $\eta(x, y)$  tiene media cero y los valores en posiciones diferentes no están correlacionados.
- Proceso: promediar  $M$  observaciones  $g_i(x, y)$ ,  $i = 1, 2, \dots, M$

$$\bar{g}(x, y) = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M g_i(x, y)$$

- Se demuestra que:  $E[\bar{g}(x, y)] = f(x, y)$ , y  $\text{Var}[\bar{g}(x, y)] = \frac{1}{M} \text{Var}[\eta(x, y)]$

# Operaciones entre varias imágenes



Imagen limpia



$M = 1$



$M = 2$



$M = 5$



$M = 10$



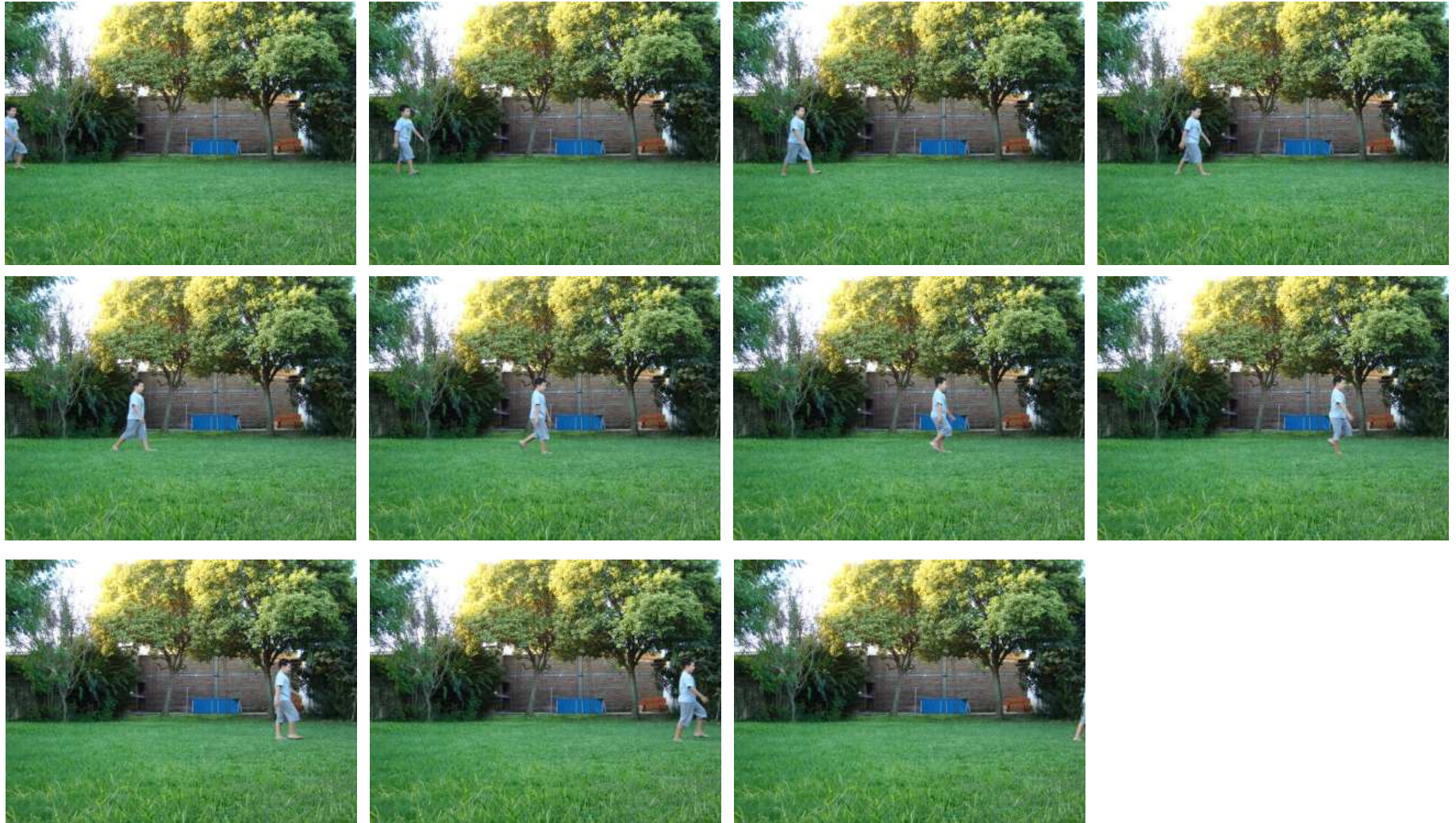
$M = 25$



$M = 50$

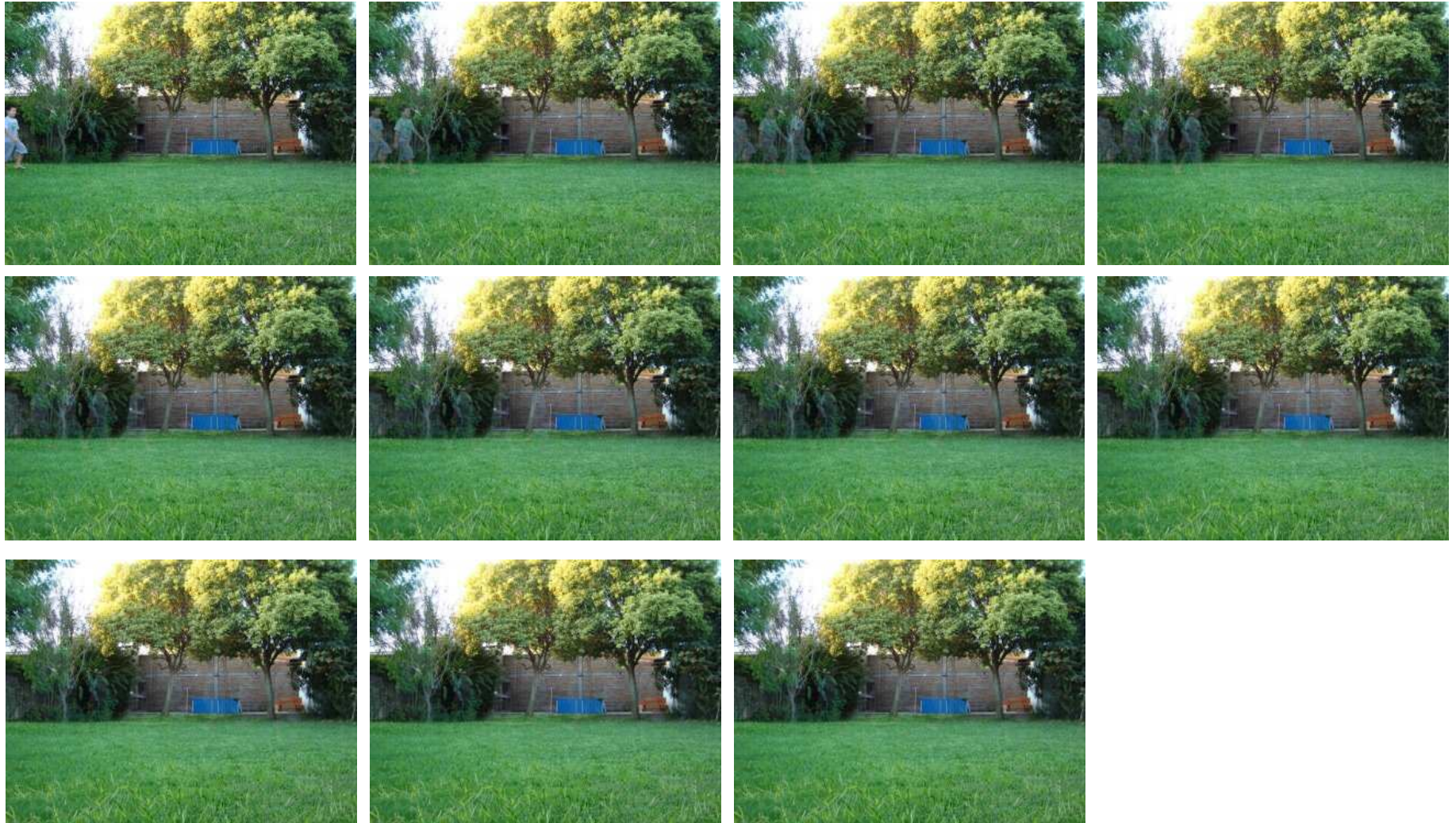


# Operaciones entre varias imágenes





# Operaciones entre varias imágenes

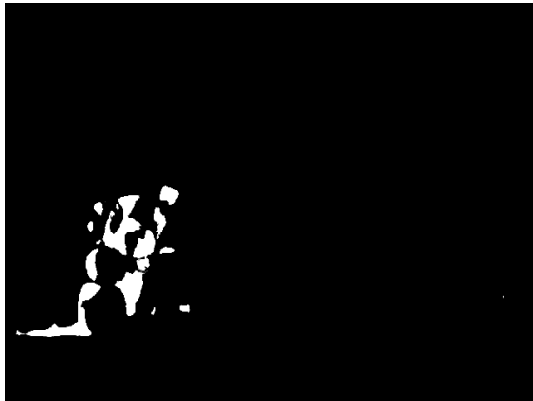


# Operaciones entre varias imágenes

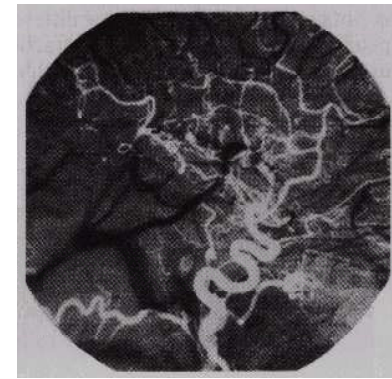
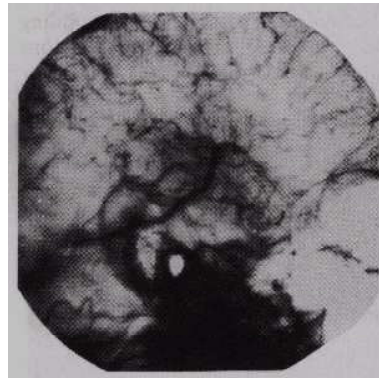
- Operaciones aritméticas: resta

$$c_{x,y} = k(a_{x,y} - b_{x,y}), \text{ con } k: \text{funcion de escala}$$

- Utilizada en estudio del movimiento para detectar el cambio producido entre imágenes captadas en instantes de tiempo sucesivos, y resaltado de estructuras (segmentación).



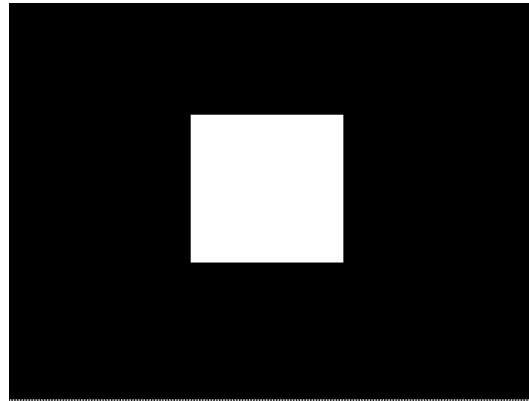
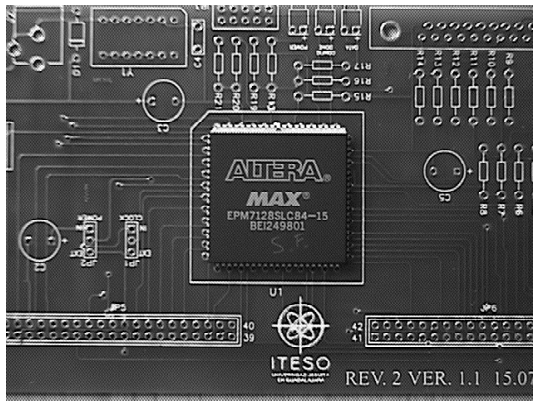
Detección de movimiento



Resaltado mediante substracción

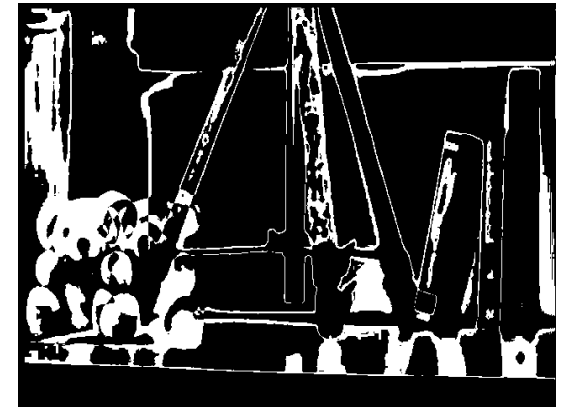
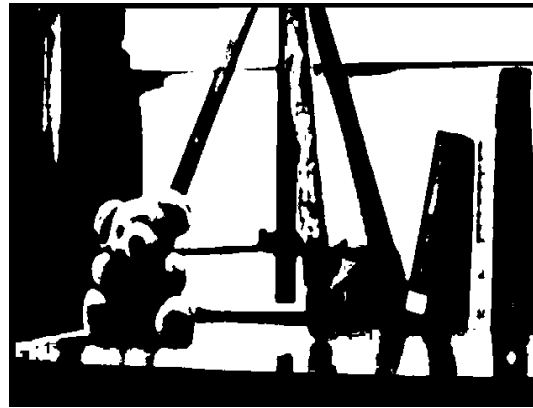
# Operaciones entre varias imágenes

- Operaciones aritméticas: multiplicación.
- Utilizada para aislar regiones de interés en la imagen, multiplicando por una máscara binaria.

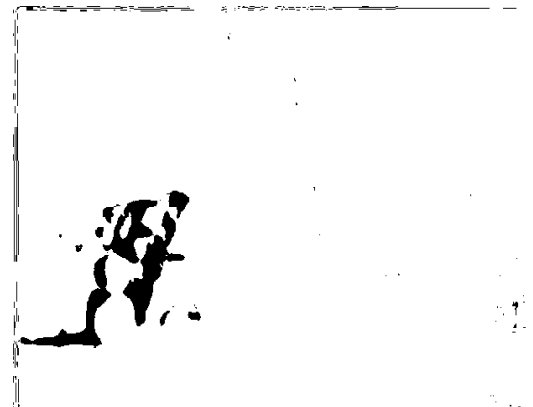


# Operaciones entre varias imágenes

- Las **operaciones lógicas** trabajan sobre imágenes binarias, siendo posible implementar: NOT, OR, AND, XOR.



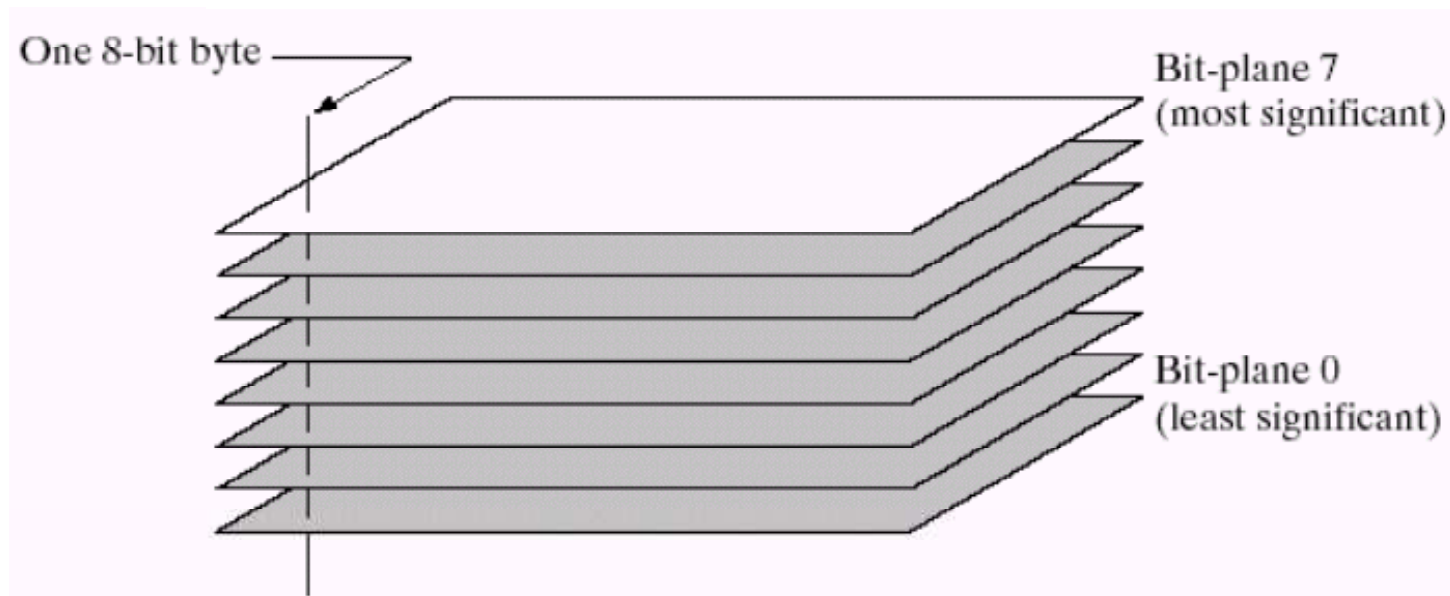
- Las **operaciones relacionales** ( $<$ ,  $>$ ,  $\leq$ ,  $\geq$ ) trabajan sobre imágenes en escala de grises, y dan como resultado imágenes binarias.





# Operaciones entre varias imágenes

- **Rodajas del plano de bits:** permiten ver la contribución que los diferentes bits hacen a la imagen.
- Suponemos cada píxel representado por 8 bits, y la imagen compuesta por 8 planos, cada uno con un bit significativo a 1 y el resto a 0 (el plano 0 corresponde al bit menos significativo).



# Operaciones entre varias imágenes

- Corresponde a expresar los niveles de gris de una imagen de  $p$  bits como un polinomio de la forma:

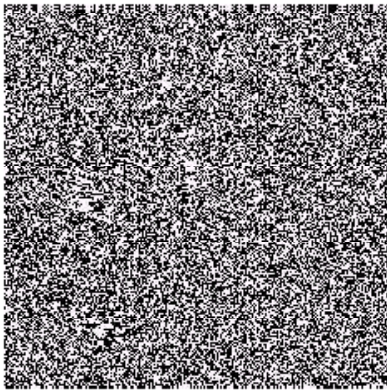
$$a_{p-1} 2^{p-1} + a_{p-2} 2^{p-2} + \dots + a_1 2^1 + a_0 2^0$$

$$\text{con } a_i = \begin{cases} 0 \\ 1 \end{cases} \text{ para } i = 0, \dots, p-1$$

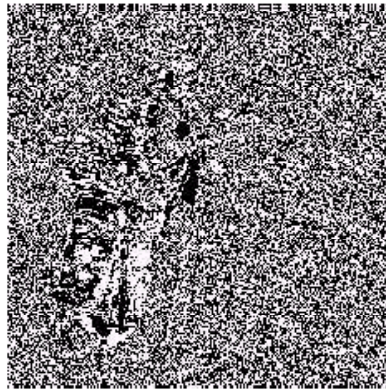
y separar el contenido en imágenes de cada uno de los  $p$  bits.

Así, la imagen del bit 0 se formará con cada uno de los  $a_0$  de todos los píxeles, mientras que la imagen del bit más significativo se formará con todos los  $a_{p-1}$ .

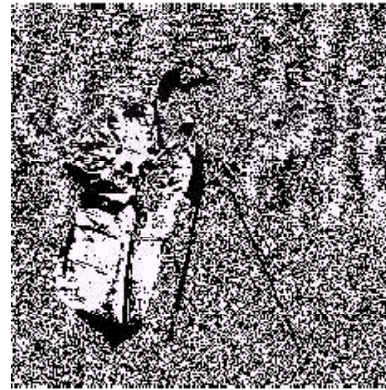
# Operaciones entre varias imágenes



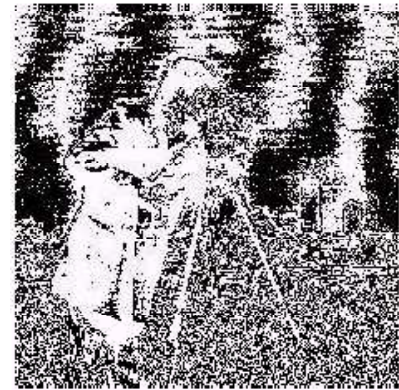
0



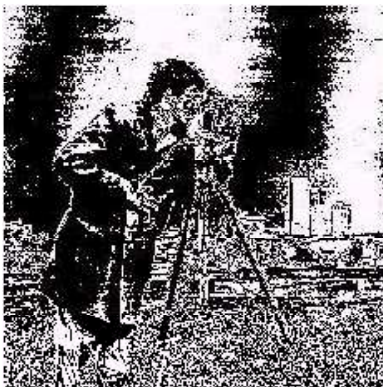
1



2



3



4



5



6



7

# Fin de teoría

---

- Próxima teoría: Unidad II - Operaciones en el dominio espacial, 2º parte.
  - Manejo de histograma
  - Filtrado espacial