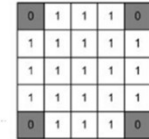
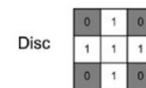
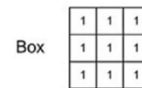


## Operadores Morfológicos

### Operadores morfológicos

- Los operadores morfológicos son técnicas de procesamiento de imágenes desarrolladas utilizando teoría de conjuntos
- Al igual que otros operadores de procesamiento de imagen se utiliza un núcleo ó *kernel* sobre una ventana que se aplica a los píxeles de una imagen
- En operadores morfológicos el *kernel* se denomina elemento estructurante
- Elemento estructurante → Contiene solo "0s" y "1s"; Su forma define el resultado del operador morfológico
  - Usualmente elementos estructurantes cuadrados mantienen bordes
  - Usualmente elemento estructurantes de disco redondean bordes



### Operadores morfológicos

- Los operadores morfológicos son técnicas de procesamiento de imágenes desarrolladas utilizando teoría de conjuntos
- Se pueden utilizar en imágenes binarias (también existen extensiones en imágenes en escala de gris)
- Morfología → Forma ... a diferencia de los otros operadores de procesamiento de imágenes (cuales?) los operadores morfológicos procesan la imagen dependiendo de su forma
- La principal aplicación de los operadores morfológicos es la mejora de imágenes binarizadas (segmentadas)
  - Remover ruido....objetos pequeños
  - Separar objetos
  - Rellenar huecos en objetos
  - Extender contornos

### Operadores morfológicos

- Los operadores morfológicos son técnicas de procesamiento de imágenes desarrolladas utilizando teoría de conjuntos
- Elementos estructurantes



box



hexagon



disk



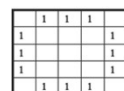
Cualquier forma



Disk(5)

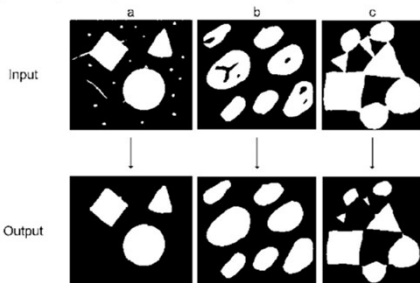


Ring(5)



### Operadores morfológicos

- Ejemplos de aplicaciones de operadores morfológicos: Remover ruido....objetos pequeños; Separar objetos; Rellenar huecos en objetos



### Operadores morfológicos

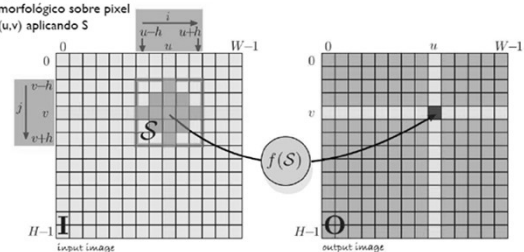
- Los operadores morfológicos en general son operadores no-lineales de procesamiento de imágenes

$$S \rightarrow W \times W; W = 2h + 1$$

$$F(\cdot): \text{operador morfológico sobre pixel}$$

$$(u, v) \text{ aplicando } S$$

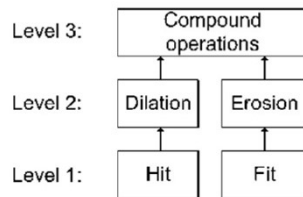
$$O[u, v] = f(I[u + i, v + j]), \quad \forall (i, j) \in S, \quad \forall (u, v) \in I$$



## Operadores morfológicos

### Operadores morfológicos

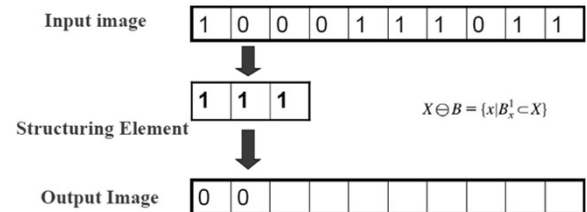
- › Erosión (*Erosion* → *hit*)
- › Dilatación (*Dilation* → *miss*)
- › Apertura (*Opening*)
- › Cerradura (*Closing*)



## Operadores morfológicos

### › Erosión (*Erosion* → *hit*)

- › **Idea:** La salida del operador será "1" si el pixel está rodeado por pixeles "x" del conjunto "X" iguales al elemento estructurante B en "1"



## Operadores morfológicos

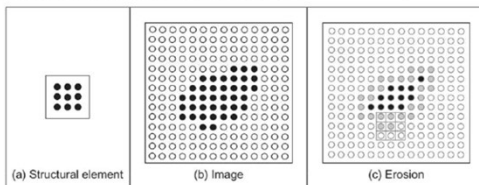
### › Erosión (*Erosion* → *hit*)

- › **Idea:** La salida del operador será "1" si el pixel está rodeado por pixeles "x" del conjunto "X" iguales al elemento estructurante B en "1"

$X^c \rightarrow$  Complemento de X  
 $B^1 \rightarrow$  Elementos de B en "1"  
 Si el elemento estructurante en "1" centrado en el pixel no es un subconjunto de la ventana la salida es "0", sino es "1"

$$X \ominus B = \{x | B_x^1 \subset X\}$$

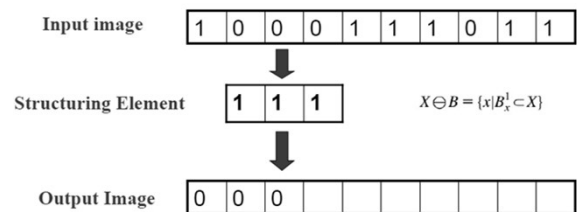
Primer termino de Hit and miss transform



## Operadores morfológicos

### › Erosión (*Erosion* → *hit*)

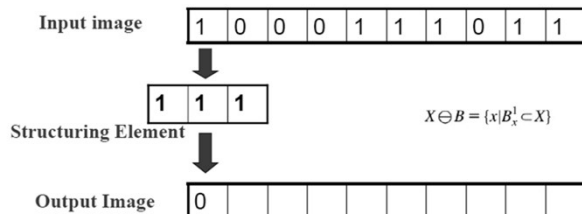
- › **Idea:** La salida del operador será "1" si el pixel está rodeado por pixeles "x" del conjunto "X" iguales al elemento estructurante B en "1"



## Operadores morfológicos

### › Erosión (*Erosion* → *hit*)

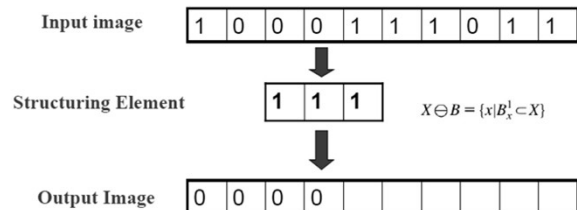
- › **Idea:** La salida del operador será "1" si el pixel está rodeado por pixeles "x" del conjunto "X" iguales al elemento estructurante B en "1"



## Operadores morfológicos

### › Erosión (*Erosion* → *hit*)

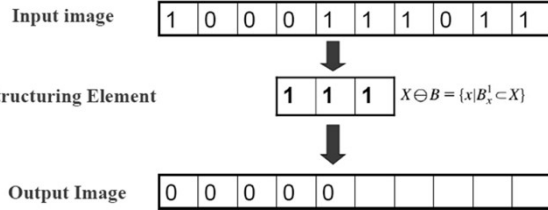
- › **Idea:** La salida del operador será "1" si el pixel está rodeado por pixeles "x" del conjunto "X" iguales al elemento estructurante B en "1"



## Operadores morfológicos

Erosión (*Erosion* → *hit*)

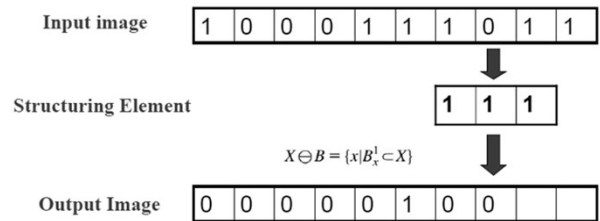
► **Idea:** La salida del operador será "1" si el pixel está rodeado por pixeles "x" del conjunto "X" iguales al elemento estructurante B en "I"



## Operadores morfológicos

Erosión (*Erosion* → *hit*)

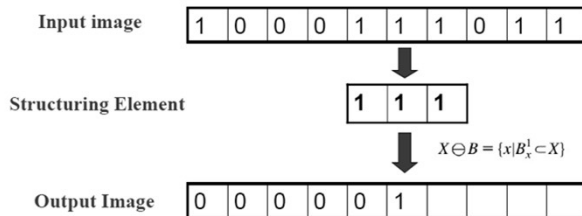
► **Idea:** La salida del operador será "1" si el pixel está rodeado por pixeles "x" del conjunto "X" iguales al elemento estructurante B en "I"



## Operadores morfológicos

Erosión (*Erosion* → *hit*)

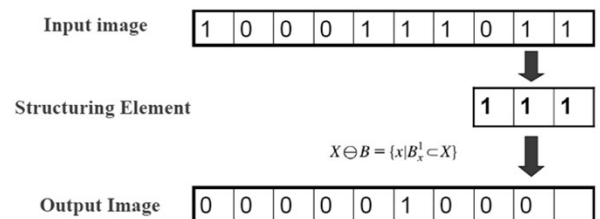
► **Idea:** La salida del operador será "1" si el pixel está rodeado por pixeles "x" del conjunto "X" iguales al elemento estructurante B en "I"



## Operadores morfológicos

Erosión (*Erosion* → *hit*)

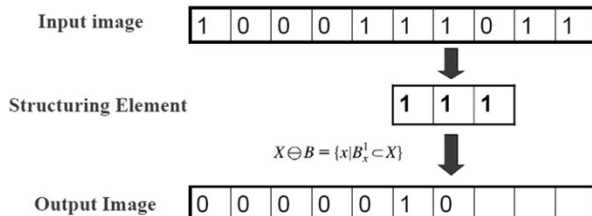
► **Idea:** La salida del operador será "1" si el pixel está rodeado por pixeles "x" del conjunto "X" iguales al elemento estructurante B en "I"



## Operadores morfológicos

Erosión (*Erosion* → *hit*)

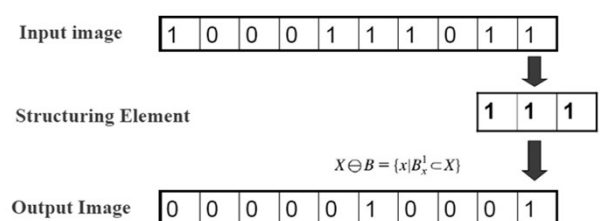
► **Idea:** La salida del operador será "1" si el pixel está rodeado por pixeles "x" del conjunto "X" iguales al elemento estructurante B en "I"



## Operadores morfológicos

Erosión (*Erosion* → *hit*)

► **Idea:** La salida del operador será "1" si el pixel está rodeado por pixeles "x" del conjunto "X" iguales al elemento estructurante B en "I"



## Operadores morfológicos

### Erosión (Erosion → hit)

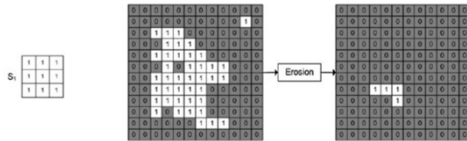
- **Idea:** La salida del operador será "1" si el pixel está rodeado por pixeles "x" del conjunto "X" iguales al elemento estructurante B en "I"

$X^c \rightarrow$  Complemento de X  
 $B^i \rightarrow$  Elementos de B en "I"

$$X \ominus B = \{x | B_x^i \subset X\}$$

Si el elemento estructurante en "I" centrado en el pixel no es un subconjunto de la ventana la salida es "0", sino es "1"

Primer termino de Hit and miss transform



## Operadores morfológicos

### Erosión (Erosion → hit)

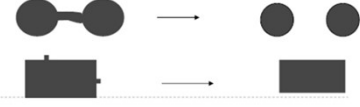
$$X \ominus B = \{x | B_x^i \subset X\}$$

- **Idea:** Si el elemento estructurante en "I" centrado en el pixel no es un subconjunto de la ventana la salida es "0", sino es "1"

El efecto resultante de "erosionar" es reducir los objetos



El efecto resultante de "erosionar" es eliminar pequeños objetos, protuberancias o pequeños enlaces entre objetos



## Operadores morfológicos

### Erosión (Erosion → hit)

- **Idea:** Si el elemento estructurante en "I" centrado en el pixel no es un subconjunto de la ventana la salida es "0", sino es "1"

El efecto resultante es "erosionar" la imagen

$$X \ominus B = \{x | B_x^i \subset X\}$$

Primer termino de Hit and miss transform



## Operadores morfológicos

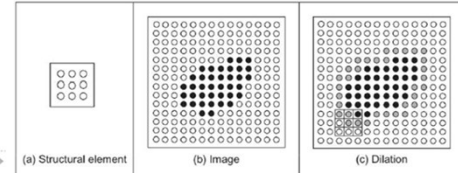
### Dilatación (Dilation → miss)

- **Idea:** La salida del operador será "1" si el pixel está rodeado por al menos un pixel "x" del conjunto "X" igual al elemento estructurante B en "I"

El termino "miss" tiene el mismo efecto de → Si el elemento estructurante en "I" centrado en el pixel tiene al menos un elemento en común con la ventana la salida es "0", sino es "1"

$$X \oplus B = \{x | B_x^i \subset X^c\}$$

$$X \oplus B = \{x | x \in \neg B_x^i\}$$



## Operadores morfológicos

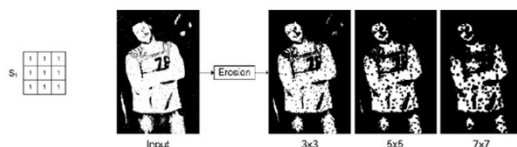
### Erosión (Erosion → hit)

- **Idea:** Si el elemento estructurante en "I" centrado en el pixel no es un subconjunto de la ventana la salida es "0", sino es "1"

El efecto resultante es "erosionar" la imagen

$$X \ominus B = \{x | B_x^i \subset X\}$$

Primer termino de Hit and miss transform



## Operadores morfológicos

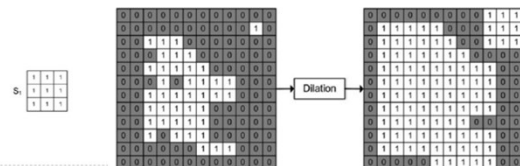
### Dilatación (Dilation → miss)

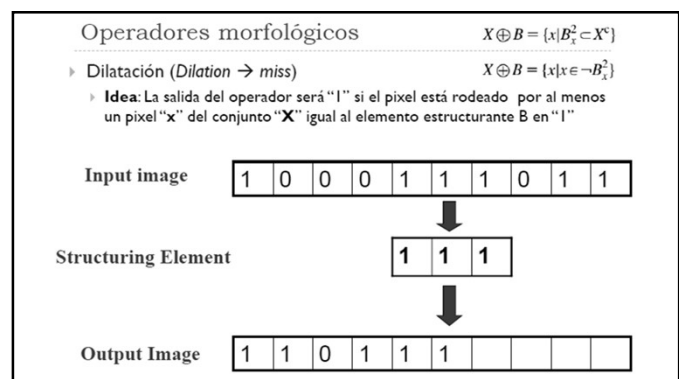
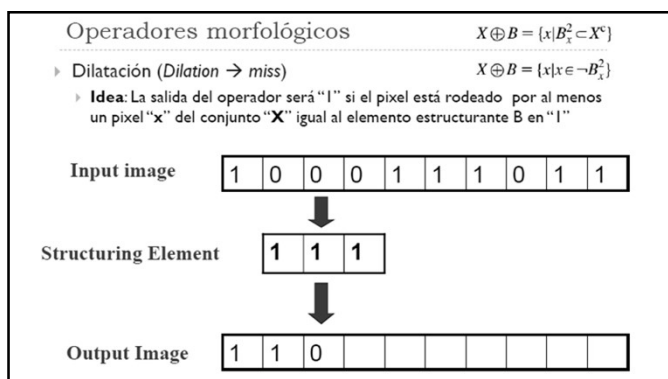
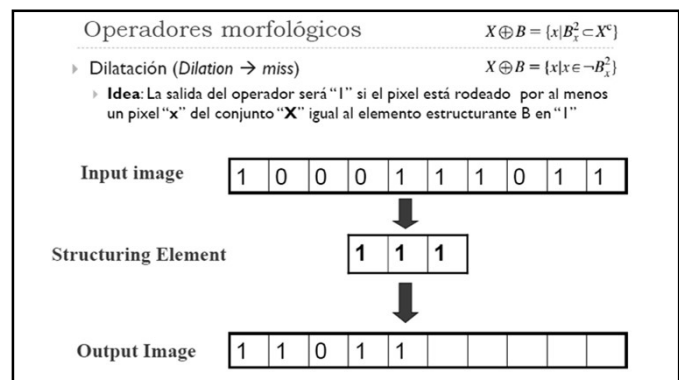
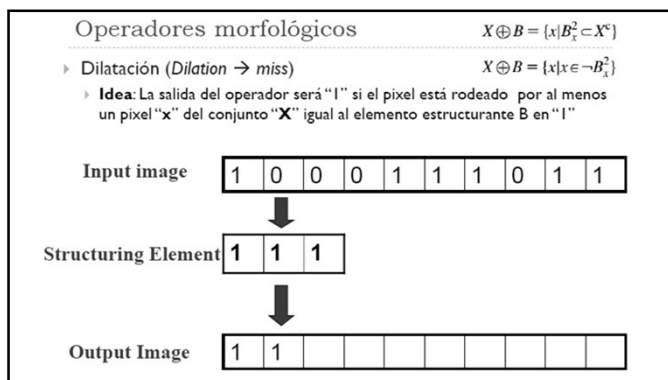
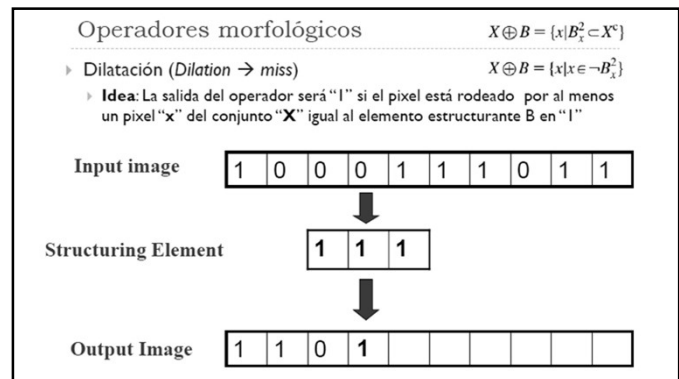
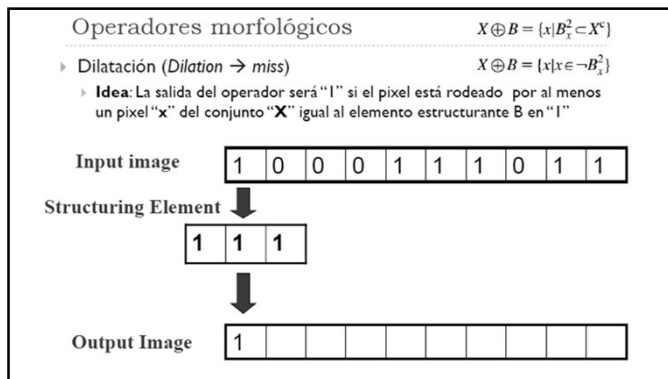
- **Idea:** La salida del operador será "1" si el pixel está rodeado por al menos un pixel "x" del conjunto "X" igual al elemento estructurante B en "I"

El termino "miss" tiene el mismo efecto de → Si el elemento estructurante en "I" centrado en el pixel tiene al menos un elemento en común con la ventana la salida es "0", sino es "1"

$$X \oplus B = \{x | B_x^i \subset X^c\}$$

$$X \oplus B = \{x | x \in \neg B_x^i\}$$





**Operadores morfológicos**  $X \oplus B = \{x | B_x^2 \subset X^c\}$

► Dilatación (*Dilation* → miss)  $X \oplus B = \{x | x \in \neg B_x^2\}$

► **Idea:** La salida del operador será "1" si el pixel está rodeado por al menos un pixel "x" del conjunto "X" igual al elemento estructurante B en "1"

Input image: 

1	0	0	0	1	1	1	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Structuring Element: 

1	1	1
---	---	---

Output Image: 

1	1	0	1	1	1	1			
---	---	---	---	---	---	---	--	--	--

**Operadores morfológicos**  $X \oplus B = \{x | B_x^2 \subset X^c\}$

► Dilatación (*Dilation* → miss)  $X \oplus B = \{x | x \in \neg B_x^2\}$

► **Idea:** La salida del operador será "1" si el pixel está rodeado por al menos un pixel "x" del conjunto "X" igual al elemento estructurante B en "1"

Input image: 

1	0	0	0	1	1	1	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Structuring Element: 

1	1	1
---	---	---

Output Image: 

1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

**Operadores morfológicos**  $X \oplus B = \{x | B_x^2 \subset X^c\}$

► Dilatación (*Dilation* → miss)  $X \oplus B = \{x | x \in \neg B_x^2\}$

► **Idea:** La salida del operador será "1" si el pixel está rodeado por al menos un pixel "x" del conjunto "X" igual al elemento estructurante B en "1"

Input image: 

1	0	0	0	1	1	1	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Structuring Element: 

1	1	1
---	---	---

Output Image: 

1	1	0	1	1	1	1	1		
---	---	---	---	---	---	---	---	--	--


**Operadores morfológicos**


► Dilatación (*Dilation* → miss)

► **Idea:** La salida del operador será "1" si el pixel está rodeado por al menos un pixel "x" del conjunto "X" igual al elemento estructurante B en "1"

El efecto resultante es "dilatarse" la imagen... se erosiona el complemento de la imagen

$X \oplus B = \{x | B_x^2 \subset X^c\}$   
 $X \oplus B = \{x | x \in \neg B_x^2\}$

(a) Original image: 

(c) Dilation: 

**Operadores morfológicos**  $X \oplus B = \{x | B_x^2 \subset X^c\}$

► Dilatación (*Dilation* → miss)  $X \oplus B = \{x | x \in \neg B_x^2\}$

► **Idea:** La salida del operador será "1" si el pixel está rodeado por al menos un pixel "x" del conjunto "X" igual al elemento estructurante B en "1"

Input image: 

1	0	0	0	1	1	1	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Structuring Element: 

1	1	1
---	---	---

Output Image: 

1	1	0	1	1	1	1	1	1	
---	---	---	---	---	---	---	---	---	--


**Operadores morfológicos**


► Dilatación (*Dilation* → miss)

► **Idea:** La salida del operador será "1" si el pixel está rodeado por al menos un pixel "x" del conjunto "X" igual al elemento estructurante B en "1"

El efecto resultante es "dilatarse" la imagen... se erosiona el complemento de la imagen

$X \oplus B = \{x | B_x^2 \subset X^c\}$   
 $X \oplus B = \{x | x \in \neg B_x^2\}$

Input: 

Dilation: 

3x3 5x5 7x7

## Operadores morfológicos

$$X \oplus B = \{x | B_x^1 \subset X^c\}$$

Dilatación (*Dilation* → *miss*)

$$X \ominus B = \{x | x \in -B_x^1\}$$

- **Idea:** La salida del operador será "1" si el pixel está rodeado por al menos un pixel "x" del conjunto "X" igual al elemento estructurante B en "1"

El efecto resultante de "dilatarse" es aumentar los objetos



El efecto resultante de "dilatarse" es rellenar huecos y cerrar aberturas



## Operadores morfológicos

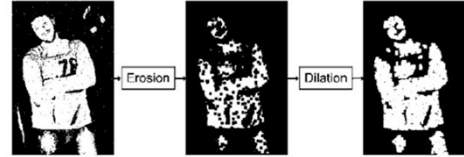
Apertura (*Opening*)

- **Idea:** Mejorar el resultado de erosionar (objetos pequeños) al dilatar (aumentar sus tamaños) ...operador "erode" mejorado

Previene huecos en la imagen

$$X \circ B = (X \ominus B) \oplus B$$

Erosionar y luego dilatar



## Operadores morfológicos

Apertura (*Opening*)

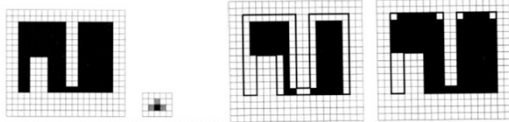
- **Idea:** Mejorar el resultado de erosionar (objetos pequeños) al dilatar (aumentar sus tamaños) ...operador "erode" mejorado

$$X \circ B = (X \ominus B) \oplus B$$

Erosionar y luego dilatar

Imagen y elemento estructurante

Erosión y luego dilatación



## Operadores morfológicos

Cerradura (*Closing*)

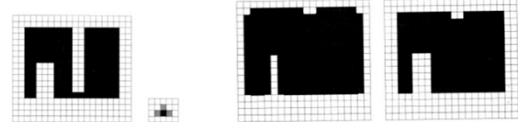
- **Idea:** Mejorar el resultado de dilatar (objetos grandes) al erosionar (disminuir sus tamaños) ...operador "dilation" mejorado

$$X \bullet B = (X \oplus B) \ominus B$$

Dilatar y luego erosionar

Imagen y elemento estructurante

Dilatación y luego erosión



## Operadores morfológicos

Apertura (*Opening*)

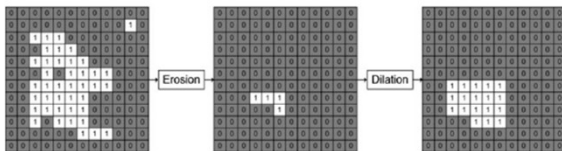
- **Idea:** Mejorar el resultado de erosionar (objetos pequeños) al dilatar (aumentar sus tamaños) ...operador "erode" mejorado

Previene huecos en la imagen

$$S_1 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$X \circ B = (X \ominus B) \oplus B$$

Erosionar y luego dilatar



## Operadores morfológicos

Cerradura (*Closing*)

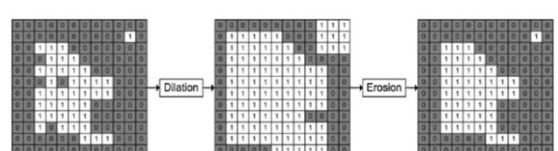
- **Idea:** Mejorar el resultado de dilatar (objetos grandes) al erosionar (disminuir sus tamaños) ...operador "dilation" mejorado

Previene regiones pequeñas en la imagen

$$S_1 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$X \bullet B = (X \oplus B) \ominus B$$

Dilatar y luego erosionar



## Operadores morfológicos

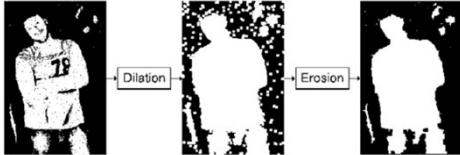
### ► Cerradura (*Closing*)

- **Idea:** Mejorar el resultado de dilatar (objetos grandes) al erosionar (disminuir sus tamaños) ...operador "*dilation*" mejorado

Previene regiones  
pequeñas en la  
imagen

$$X \bullet B = (X \oplus B) \ominus B$$

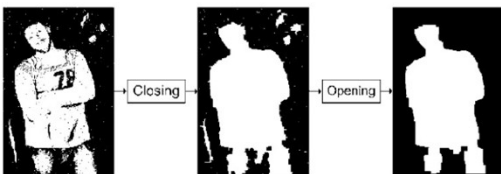
Dilatar y luego erosionar



## Operadores morfológicos

### ► Cerradura (*Closing*) y Apertura (*Opening*)

- **Idea:** Cerrar huecos y eliminar regiones pequeñas



## Operadores morfológicos

### ► Extracción de bordes

- **Idea:** Realizar la diferencia entre la imagen original y la imagen erosionada

