



**UAI**

UNIVERSIDAD ADOLFO IBÁÑEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS



MDS<sup>2019</sup> PROCESAMIENTO  
DE IMÁGENES

RESTAURACIÓN

Miguel Carrasco

[miguel.carrasco@uai.cl](mailto:miguel.carrasco@uai.cl)

1er Semestre 2020

**iUAI**  
UNIVERSIDAD ADOLFO IBÁÑEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS

- Restauración
  - Técnicas de filtrado

### ► Dominio Espacial

- Filtros de orden estadísticos
  - Mediana
  - Moda
  - Max-min
  - Punto medio
  - Promedio alfa-acotado

#### ■ Filtros Adaptivos

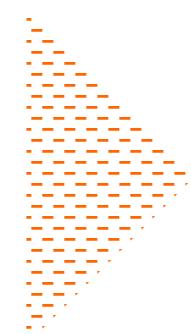
- Ruido Local
- Mediana Adaptiva

#### ■ Filtros lineales

- Media
- Media geométrica
- Media armónica
- Media contra-armónica

### ■ Dominio Frecuencial

- Filtro Ideal
- Filtro Gaussiano
- Filtro Butterworth



- Parabanda
- Pasabanda
- Puntual
- Puntual óptimo

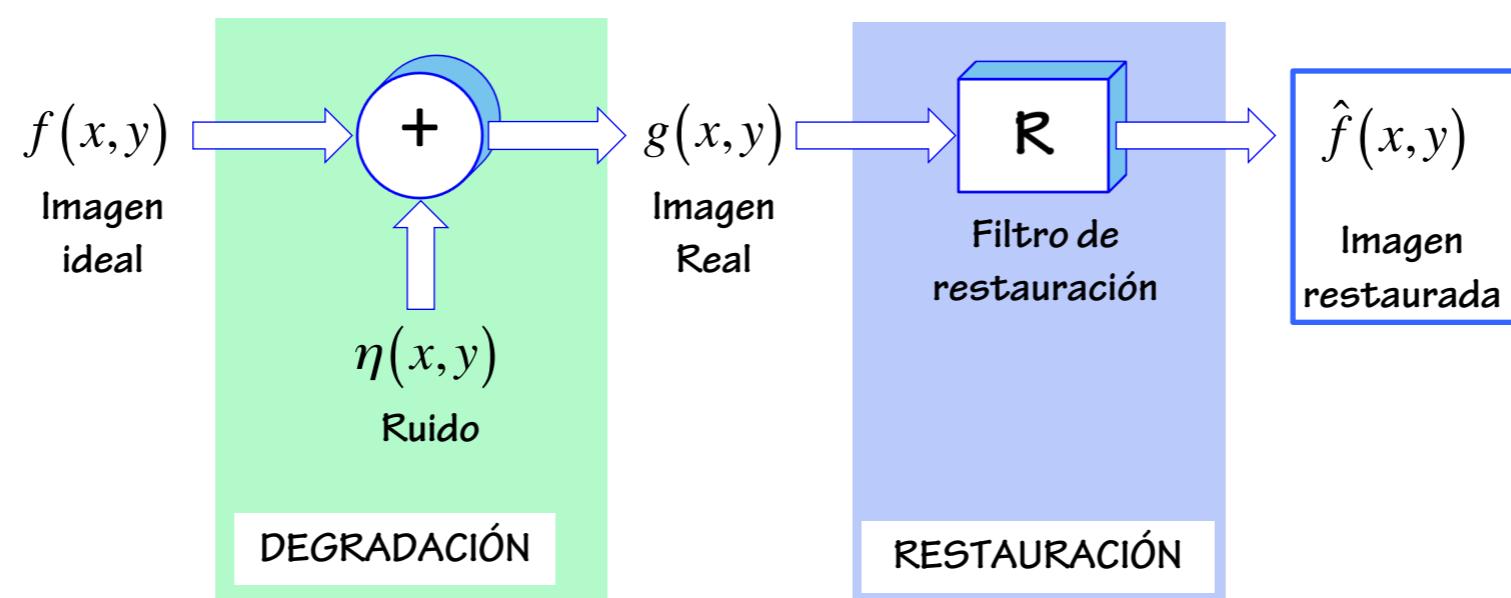
## ▶ Dominio Espacial

- Filtros Adaptivos
  - Ruido Local
  - Mediana Adaptativa

### Definición

Los filtros adaptivos cambian según las propiedades de la región o ventana analizada.

Esto permite obtener un mayor rendimiento, pero al mismo tiempo implica un mayor costo computacional.



## ▶ Filtros Adaptivos (ruido local)

Ruido Local

Mediana  
Adaptiva

- Este filtro modifica su comportamiento en función de las características locales de la máscara y a las características del ruido global.

$$\hat{f}(x, y) = g(x, y) - \frac{\sigma_{\eta}^2}{\sigma_L^2} \cdot (g(x, y) - \mu_L)$$

Podemos tomar una parte de la imagen que sea continua y estimar el ruido de la imagen

$g(x, y)$  : Intensidad del pixel central

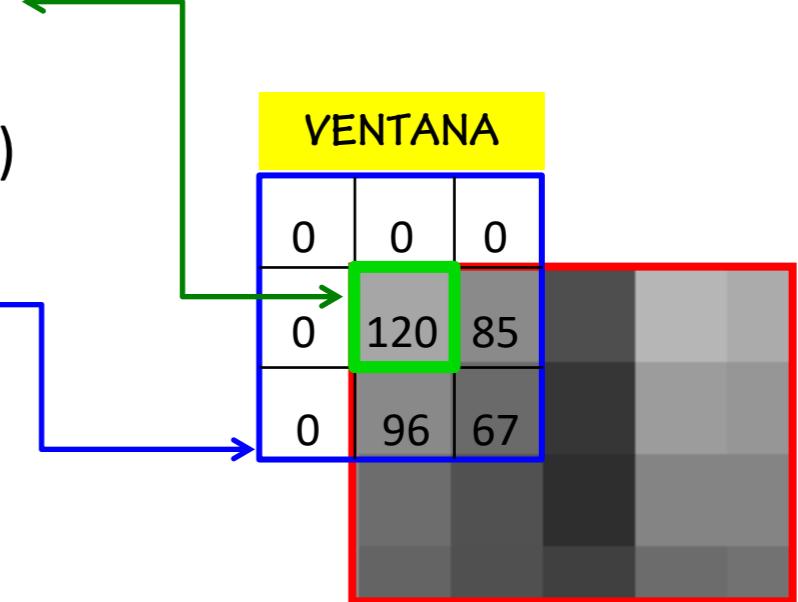
$\sigma_{\eta}^2$  : Varianza del ruido (estimada)

$\sigma_L^2$  : Varianza de la región

$\mu_L$  : Media de la región

**Varianza**  
Es una medida de dispersión  
respecto a la media

$$\sigma = \frac{1}{N-1} \cdot \sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2$$



## ▶ Filtros Adaptivos (ruido local)

Ruido Local

Mediana  
Adaptativa

- Una de las principales ventajas es que la adaptación emplea la información externa a la máscara.

$$\hat{f}(x,y) = g(x,y) - \frac{\sigma_\eta^2}{\sigma_L^2} \cdot (g(x,y) - \mu_L)$$

- Análisis:
  - Si la varianza del ruido ( $\sigma_\eta^2$ ) es cero, significa que el ruido es cero, y por lo tanto, obtenemos la misma imagen de entrada.
  - Si la varianza local es mayor que la varianza del ruido, entonces la máscara se encuentra en un borde. El objetivo es preservar el borde y retornar un valor cercano a  $g(x,y)$ .
  - Si las dos varianzas son iguales, el filtro retorna la media de la máscara.

## ▶ Filtros Adaptivos (ruido local)

Ruido Local

Mediana  
Adaptiva

- Este filtro determina medidas estadísticas simples como la media y la varianza en la región a analizar.

$$\hat{f}(x,y) = g(x,y) - \frac{\sigma_{\eta}^2}{\sigma_L^2} \cdot (g(x,y) - \mu_L)$$

- Ventajas:
  - Reduce el ruido gaussiano y uniforme si se ajusta bien la varianza de ruido y el ruido no es elevado.
  - Preserva los bordes y las regiones de similar color.
- Desventajas
  - Costoso en tiempo de cálculo.

## ▶ Filtros Adaptivos (ruido local)

Ruido Local

Mediana  
Adaptiva

- Este filtro determina medidas estadísticas simples como la media y la varianza en la región a analizar.

$$\hat{f}(x, y) = g(x, y) - \frac{\sigma_\eta^2}{\sigma_L^2} \cdot (g(x, y) - \mu_L)$$



Imagen con ruido uniforme  
 $a=0$   $b=40$



$$\sigma_\eta^2 = 700$$

## ▶ Filtros Adaptivos (mediana adaptiva)

Ruido Local

Mediana  
Adaptiva

- Aunque el filtro de la mediana trabaja bien con ruido impulsivo, cuando la densidad del ruido es muy alta, su rendimiento decae. Un filtro que maneja este tipo de situaciones es el filtro de mediana adaptivo.
- El filtro de mediana adaptivo buscar mantener el detalle y puede manejar tanto el ruido impulsivo como otro tipo de ruidos.



ruido impulsivo  
alto  $L=0.8$



Filtro de la mediana  
[3x3]



Filtro de la mediana  
adaptivo

## ▶ Filtros Adaptivos (mediana adaptiva)

Ruido Local

Mediana  
Adaptativa

- Una de las características más importantes del filtro de mediana adaptativa es que a medida que funciona, puede cambiar el tamaño de la ventana.
- Antes de emplear el filtro, el filtro emplea la siguiente notación

---

$Z_{\max}$  : Máximo nivel de gris de la ventana

$Z_{\min}$  : Mínimo nivel de gris de la ventana

$Z_{\text{med}}$  : Mediana de la ventana

$Z_{xy}$  : Valor de gris de la ventana en la coordenada  $x,y$

$S_{\max}$  : Máximo tamaño de la ventana



## ▶ Filtros Adaptivos (mediana adaptiva)

Ruido Local

Mediana  
Adaptativa

- Para los efectos del cálculo considere que el tamaño de la ventana  $S$  comienza en  $d$ . El píxel que se reemplaza es el de la salida

```
IF (d<=Smax)
    ir a NIVEL A
ELSE
    output = Zxy
```

NIVEL A

```
A1 = Zmed - Zmin
A2 = Zmed - Zmax

IF (A1>0) & (A2<0)
    ir a NIVEL B
ELSE
    d++
```

NIVEL B

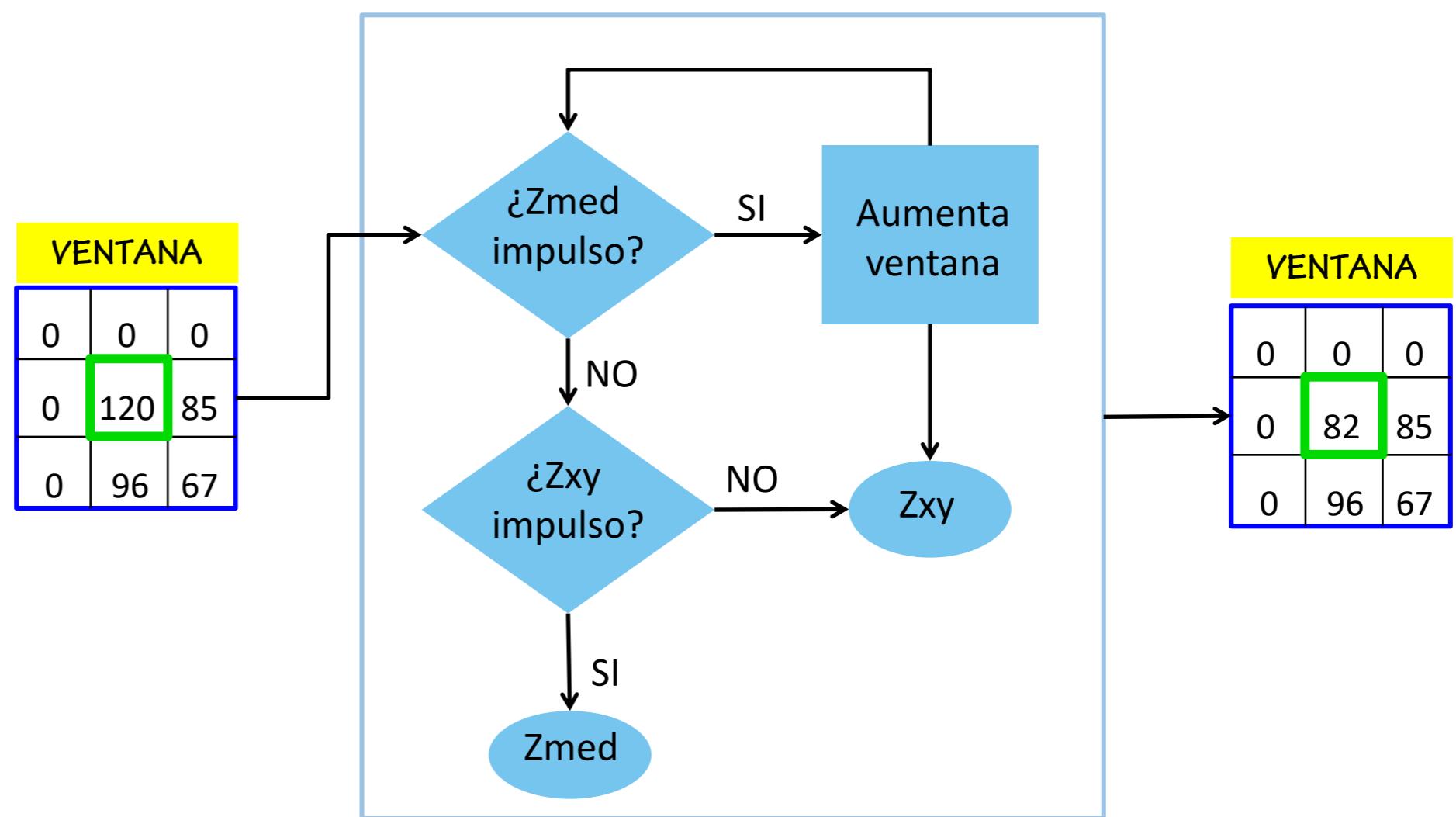
```
B1 = Zxy - Zmin
B2 = Zxy - Zmax

IF (B1>0) & (B2<0)
    output = Zxy
ELSE
    output = Zmed
```

## ▶ Filtros Adaptivos (mediana adaptiva)



- Para los efectos del cálculo considere que el tamaño de la ventana  $S$  comienza en  $d$ . El píxel que se reemplaza es el de la salida



### ▶ Dominio Espacial

- Filtros de orden estadísticos
  - Mediana
  - Moda
  - Max-min
  - Punto medio
  - Promedio alfa-acotado

- Filtros Adaptivos

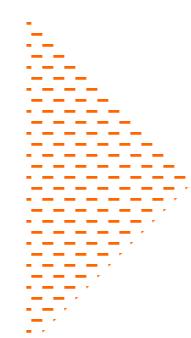
- Ruido Local
- Mediana Adaptiva

- Filtros lineales

- Media
- Media geométrica
- Media armónica
- Media contra-armónica

### ■ Dominio Frecuencial

- Filtro Ideal
- Filtro Gaussiano
- Filtro Butterworth



- Parabanda
- Pasabanda
- Puntual
- Puntual óptimo



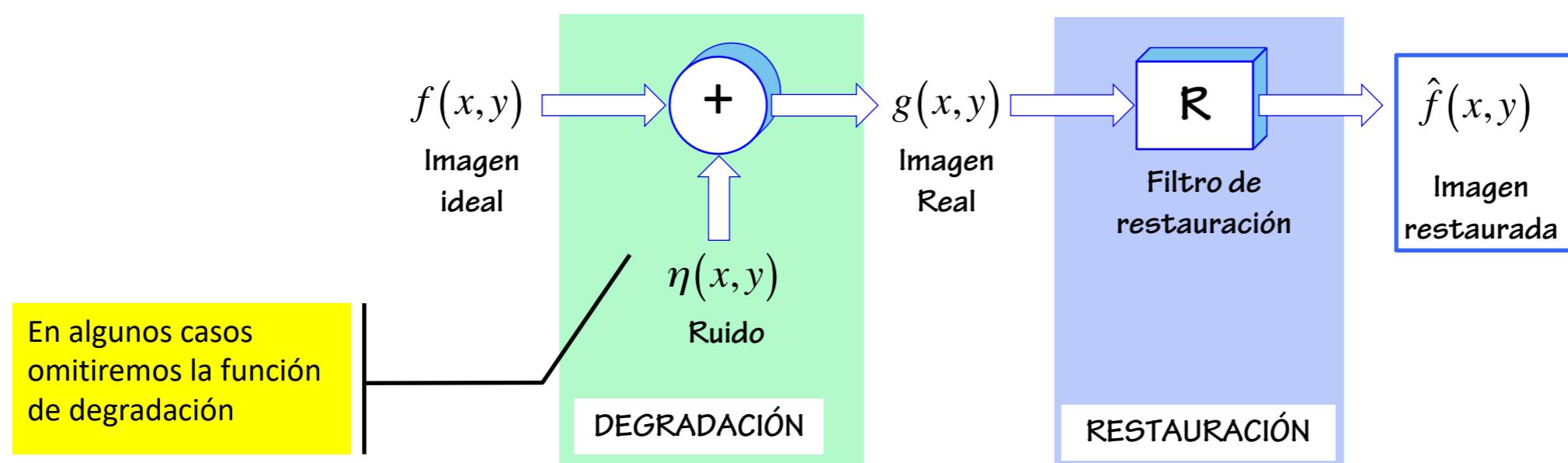
### ▶ Dominio Espacial

- Filtros lineales
  - Media
  - Media geométrica
  - Media armónica
  - Media contra-armónica
  - Gaussiana

#### Definición

Los filtros lineales realizan una combinación lineal sobre los píxeles de la ventana, determinando un único valor en cada máscara.

La operación matemática sobre la cual se aplica a la imagen es conocida como convolución

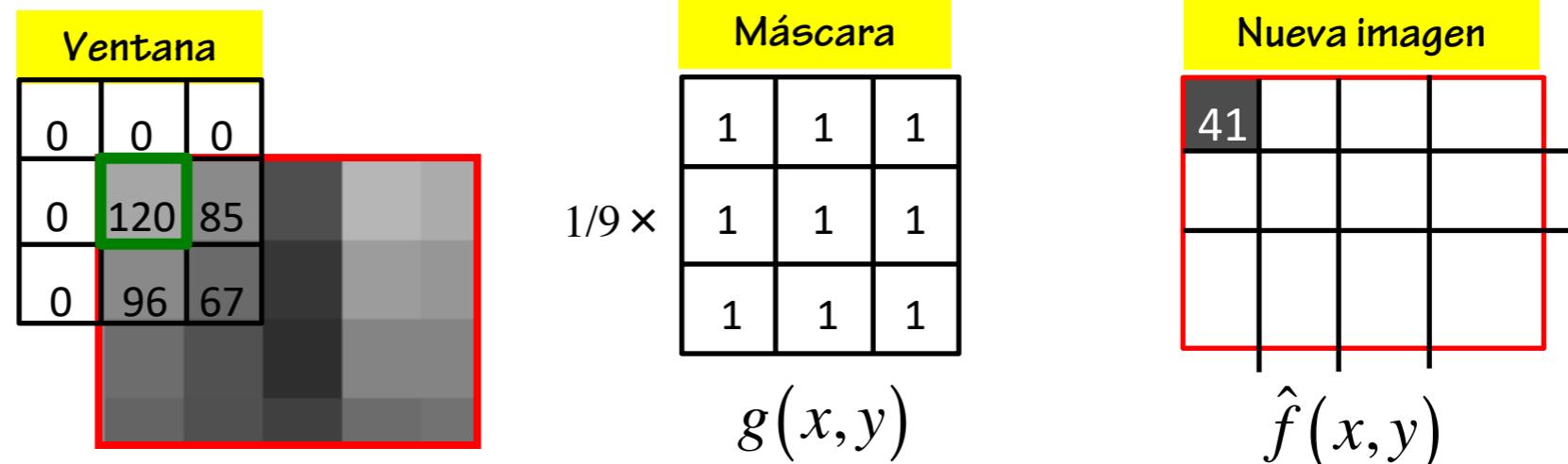


## ▶ Filtros lineales (media)

- Media**
- Geométrica
- Armónica
- Contra-Armónica
- Gaussiana

- Reemplaza el valor central de la máscara por el promedio de los valores contenidos en ella, donde  $m$  son las filas y  $n$  las columnas.

$$\hat{f}(x, y) = \frac{1}{mn} \cdot \sum_{i,j} g(x_i, y_i)$$



$$f(1,1) = 0 \cdot \frac{1}{9} + 0 \cdot \frac{1}{9} + 0 \cdot \frac{1}{9} + 0 \cdot \frac{1}{9} + 120 \cdot \frac{1}{9} + 96 \cdot \frac{1}{9} + 0 \cdot \frac{1}{9} + 85 \cdot \frac{1}{9} + 67 \cdot \frac{1}{9}$$

## ▶ Filtros lineales (media)



- Reemplaza el valor central de la máscara por el promedio de los valores contenidos en ella, donde  $m$  son las filas y  $n$  las columnas

$$\hat{f}(x, y) = \frac{1}{mn} \cdot \sum_{i,j} g(x_i, y_i)$$

- Ventajas:
  - Es de simple implementación ya que podemos tomar ventaja de una operación matricial (ventana  $\times$  filtro).
- Desventajas
  - No preserva los bordes ya que al promediar funciona como un filtro pasa bajos.
  - Crea nuevas intensidades que no estaban en la imagen original

## ▶ Filtros lineales (media)

Media

Geométrica

Armónica

Contra-Armónica

Gaussiana

- Reemplaza el valor central de la máscara por el promedio de los valores contenidos en ella, donde  $m$  son las filas y  $n$  las columnas.

$$\hat{f}(x, y) = \frac{1}{mn} \cdot \sum_{i,j} g(x_i, y_i)$$



## ▶ Filtros lineales (media)

Media

Geométrica

Armónica

Contra-Armónica

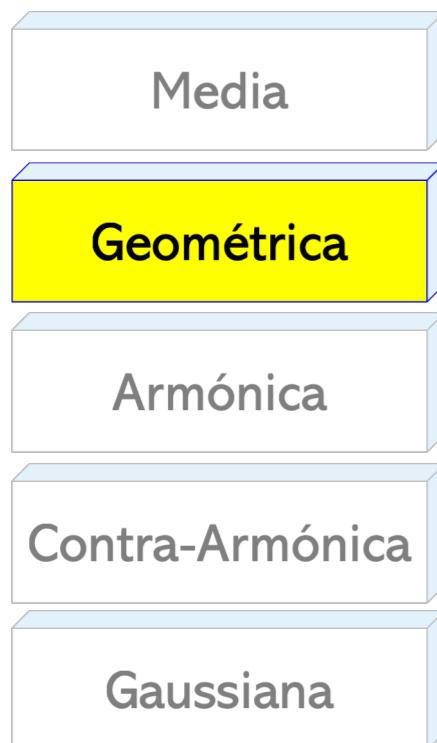
Gaussiana

- Reemplaza el valor central de la máscara por el promedio de los valores contenidos en ella, donde  $m$  son las filas y  $n$  las columnas.

$$\hat{f}(x, y) = \frac{1}{mn} \cdot \sum_{i,j} g(x_i, y_i)$$



## ▶ Filtros lineales (media geométrica)



- Reemplaza el valor central de la máscara por el promedio de los valores contenidos en ella, donde  $m$  son las filas y  $n$  las columnas.

$$\hat{f}(x, y) = \left[ \prod_{i,j} g(x_i, y_i) \right]^{\frac{1}{mn}}$$

- Ventajas:
  - Es de simple implementación ya que podemos tomar ventaja de una operación matricial.
  - Reduce el ruido tipo sal.
  - Pierde menos detalles que la media
- Desventajas
  - No preserva los bordes.
  - Incrementa el ruido pimienta.

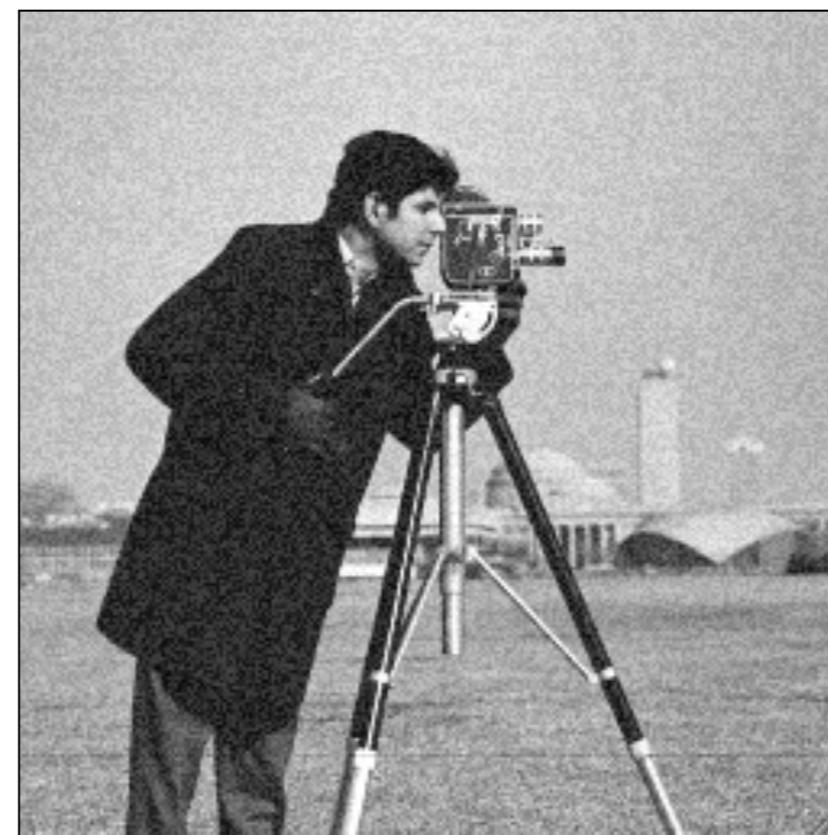


## ▶ Filtros lineales (media geométrica)

- Media
- Geométrica**
- Armónica
- Contra-Armónica
- Gaussiana

- Reemplaza el valor central de la máscara por el promedio de los valores contenidos en ella, donde  $m$  son las filas y  $n$  las columnas.

$$\hat{f}(x,y) = \left[ \prod_{i,j} g(x_i, y_i) \right]^{\frac{1}{mn}}$$



## ▶ Filtros lineales (media geométrica)

- Media
- Geométrica**
- Armónica
- Contra-Armónica
- Gaussiana

- Reemplaza el valor central de la máscara por el promedio de los valores contenidos en ella, donde  $m$  son las filas y  $n$  las columnas.

$$\hat{f}(x,y) = \left[ \prod_{i,j} g(x_i, y_i) \right]^{\frac{1}{mn}}$$



## ▶ Filtros lineales (media geométrica)

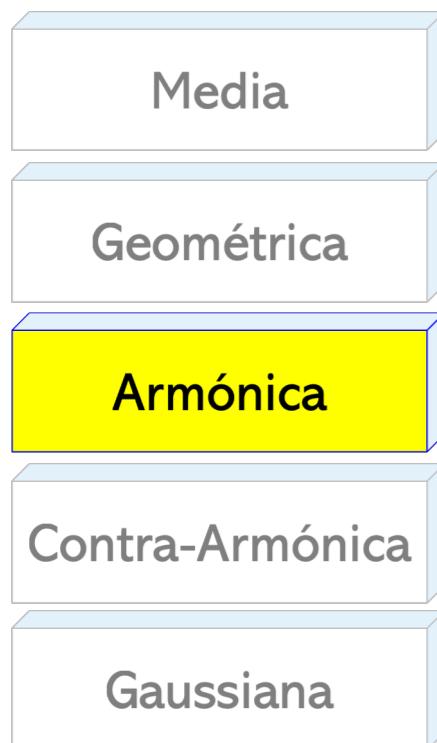
- Media
- Geométrica
- Armónica
- Contra-Armónica
- Gaussiana

- Reemplaza el valor central de la máscara por el promedio de los valores contenidos en ella, donde  $m$  son las filas y  $n$  las columnas.

$$\hat{f}(x, y) = \left[ \prod_{i,j} g(x_i, y_i) \right]^{\frac{1}{mn}}$$



## ▶ Filtros lineales (media armónica)



- Reemplaza el valor central de la máscara por la media armónica, donde  $m$  son las filas y  $n$  las columnas de la región.

$$\hat{f}(x,y) = \frac{mn}{\sum_{i,j} \frac{1}{g(x_i, y_i)}}$$

- Ventajas:
  - Reduce el ruido tipo sal.
- Desventajas
  - No preserva los bordes.
  - Incrementa el ruido pimienta.



## ▶ Filtros lineales (media armónica)

Media

Geométrica

Armónica

Contra-Armónica

Gaussiana

- Reemplaza el valor central de la máscara por la media armónica, donde  $m$  son las filas y  $n$  las columnas de la región.

$$\hat{f}(x,y) = \frac{mn}{\sum_{i,j} \frac{1}{g(x_i, y_i)}}$$



## ▶ Filtros lineales (media armónica)

Media

Geométrica

Armónica

Contra-Armónica

Gaussiana

- Reemplaza el valor central de la máscara por la media armónica, donde  $m$  son las filas y  $n$  las columnas de la región.

$$\hat{f}(x,y) = \frac{mn}{\sum_{i,j} \frac{1}{g(x_i, y_i)}}$$



## ▶ Filtros lineales (media armónica)

Media

Geométrica

Armónica

Contra-Armónica

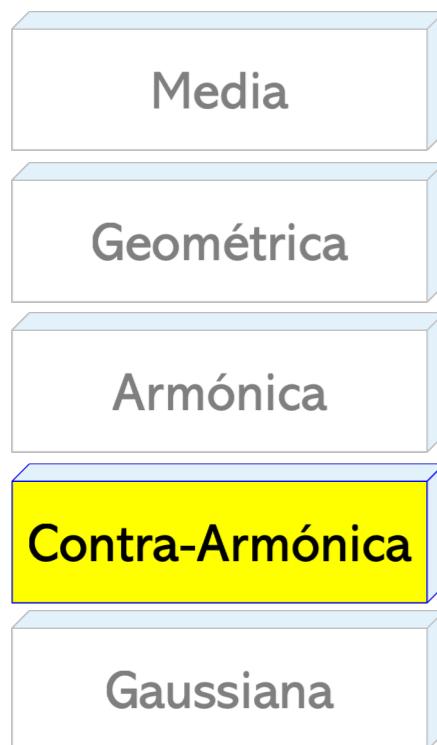
Gaussiana

- Reemplaza el valor central de la máscara por la media armónica, donde  $m$  son las filas y  $n$  las columnas de la región.

$$\hat{f}(x,y) = \frac{mn}{\sum_{i,j} \frac{1}{g(x_i, y_i)}}$$



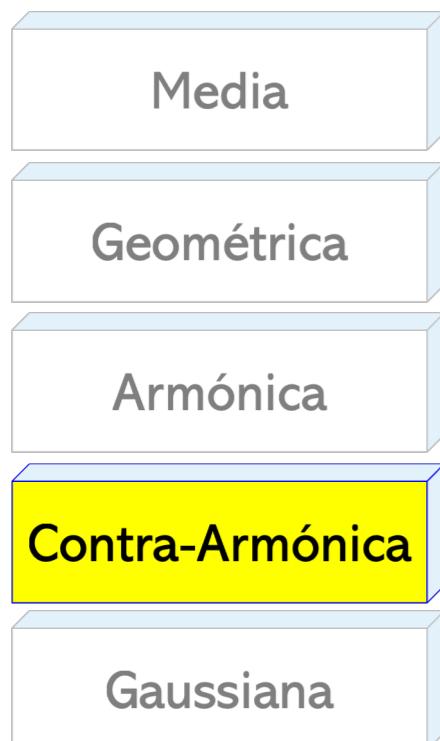
## ▶ Filtros lineales (contra armónico)



- Reemplaza el valor central de la máscara por la media contra armónica. Observe que la variable  $Q$  puede tomar valores positivos o negativos
- Ventajas:
  - Reduce **muy bien** el ruido tipo pimienta (con  $Q$  positivo)
  - Reduce en parte el ruido tipo sal (con  $Q$  negativo)
  - Cuando  $Q=0$  es un filtro promedio.
- Desventajas:
  - No puede reducir ruido sal y pimienta simultáneamente
  - No preserva los bordes.

$$\hat{f}(x, y) = \frac{\sum_{i,j} g(x_i, y_i)^{Q+1}}{\sum_{i,j} g(x_i, y_i)^Q}$$

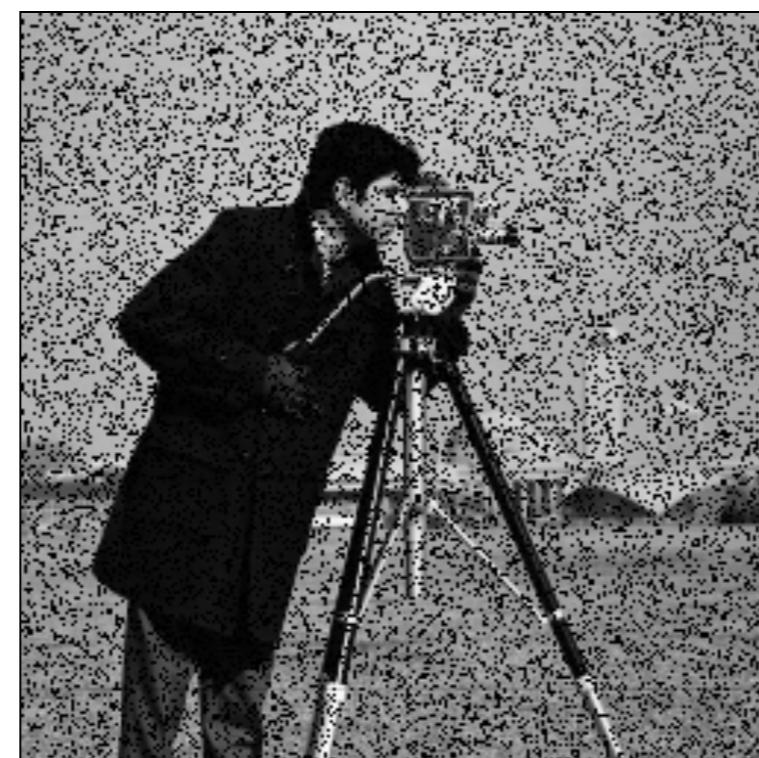
## ▶ Filtros lineales (contra armónico)



- Reemplaza el valor central de la máscara por la media contra armónica. Observe que la variable  $Q$  puede tomar valores positivos o negativos.

$$\hat{f}(x, y) = \frac{\sum_{i,j} g(x_i, y_i)^{Q+1}}{\sum_{i,j} g(x_i, y_i)^Q}$$

$Q=0 . 2$



## ▶ Filtros lineales (contra armónico)

- Media
- Geométrica
- Armónica
- Contra-Armónica
- Gaussiana

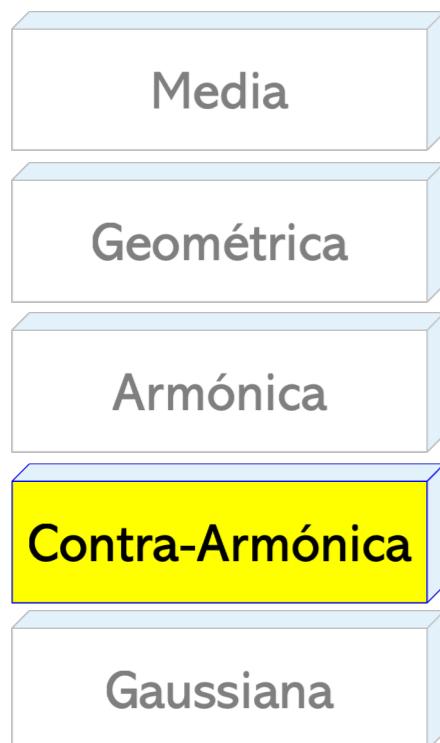
- Reemplaza el valor central de la máscara por la media contra armónica. Observe que la variable  $Q$  puede tomar valores positivos o negativos

$$\hat{f}(x, y) = \frac{\sum_{i,j} g(x_i, y_i)^{Q+1}}{\sum_{i,j} g(x_i, y_i)^Q}$$

$Q = -2 . 0$



## ▶ Filtros lineales (contra armónico)



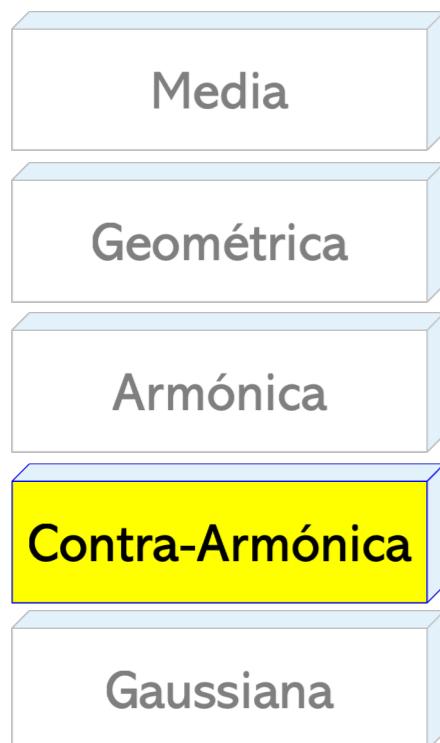
- Reemplaza el valor central de la máscara por la media contra armónica. Observe que la variable  $Q$  puede tomar valores positivos o negativos

$$\hat{f}(x, y) = \frac{\sum_{i,j} g(x_i, y_i)^{Q+1}}{\sum_{i,j} g(x_i, y_i)^Q}$$

$Q=0 . 1$



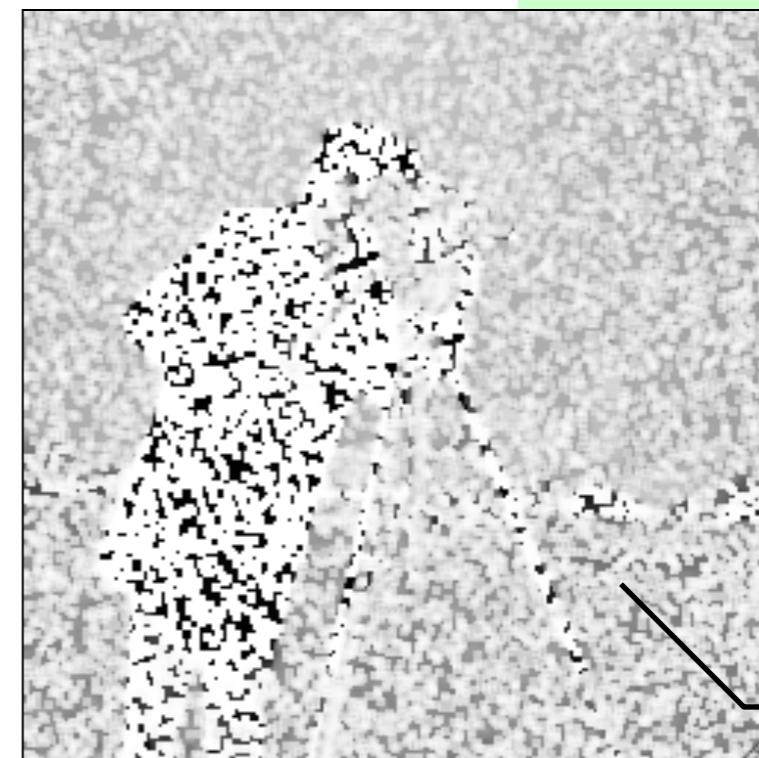
## ▶ Filtros lineales (contra armónico)



- Reemplaza el valor central de la máscara por la media contra armónica. Observe que la variable  $Q$  puede tomar valores positivos o negativos

$$\hat{f}(x, y) = \frac{\sum_{i,j} g(x_i, y_i)^{Q+1}}{\sum_{i,j} g(x_i, y_i)^Q}$$

$Q=3 . 0$



Observar qué sucede cuando empleamos un parámetro incorrecto

## ▶ Filtros lineales (gaussiano)



- Reemplaza el valor central de la máscara una máscara gaussiana. La máscara debe estar normalizada para que la suma de sus elementos sea unitaria (igual a 1).
- Ejemplo:

Máscara sin normalizar				
1	10	23	10	1
10	109	237	109	10
23	237	518	237	23
10	109	237	109	10
1	10	23	10	1

$$\hat{f}(u, v, \sigma) = \frac{\frac{1}{2\pi\sigma^2} \cdot e^{-\left(\frac{u^2+v^2}{2\sigma^2}\right)}}{\sum_{u,v \in S_{uv}} \frac{1}{2\pi\sigma^2} \cdot e^{-\left(\frac{u^2+v^2}{2\sigma^2}\right)}}$$

→  $\frac{1}{2078} \times$

Máscara Normalizada				
1	10	23	10	1
10	109	237	109	10
23	237	518	237	23
10	109	237	109	10
1	10	23	10	1

## ▶ Filtros lineales (gaussiano)



- Reemplaza el valor central de la máscara una máscara gaussiana. La máscara debe estar normalizada para que la suma de sus elementos sea unitaria (igual a 1).
- Ventajas:
  - Puede ser empleado con una máscara pre determinada en forma lineal.
  - Produce un suavizado escalado según una distribución gaussiana.
- Desventajas
  - No preserva los bordes.
  - Se pierde nitidez.
  - Incrementa la difusión



## ▶ Filtros lineales (gaussiano)

Media

Geométrica

Armónica

Contra-  
Armónica

Gaussiana

- Reemplaza el valor central de la máscara una máscara gaussiana. La máscara debe estar normalizada para que la suma de sus elementos sea unitaria (igual a 1).



## ▶ Filtros lineales (gaussiano)

Media

Geométrica

Armónica

Contra-  
Armónica

Gaussiana

- Reemplaza el valor central de la máscara una máscara gaussiana. La máscara debe estar normalizada para que la suma de sus elementos sea unitaria (igual a 1).

