



UAI

UNIVERSIDAD ADOLFO IBÁÑEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS



iUAI
UNIVERSIDAD ADOLFO IBÁÑEZ
FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS

MDS²⁰¹⁹ PROCESAMIENTO
DE IMÁGENES

INTRODUCCIÓN A RUIDOS

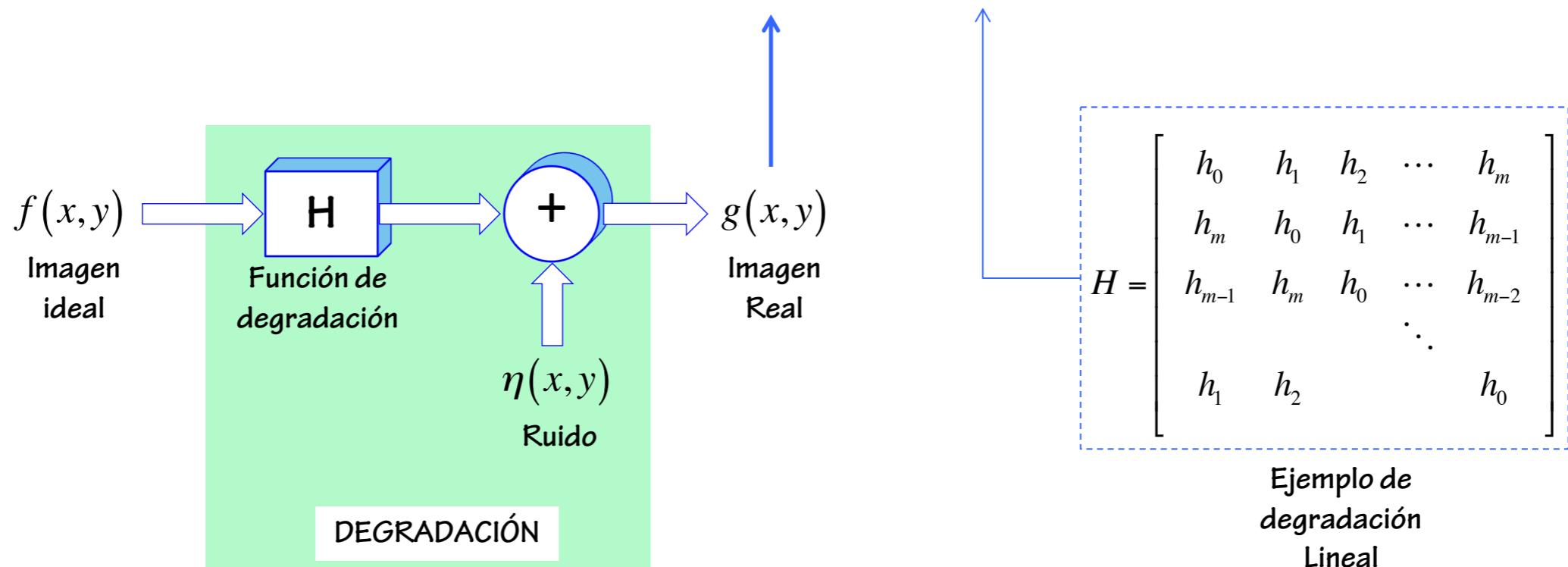
Miguel Carrasco
miguel.carrasco@uai.cl
1er Semestre 2020

- Restauración
 - Ruido y sus tipos
 - Técnicas de filtrado

- ▶ ¿En qué consiste el ruido en imágenes digitales?
 - El ruido es información o perturbación que contamina la imagen. Generalmente toma la forma de píxeles que no corresponden con la información contenida en la imagen.

- ## ■ Modelo general:

$$g(x,y) = \boxed{H(f(x,y))} + \boxed{\eta(x,y)}$$



▶ Clasificación de ruidos

Gaussiano

Impulsional

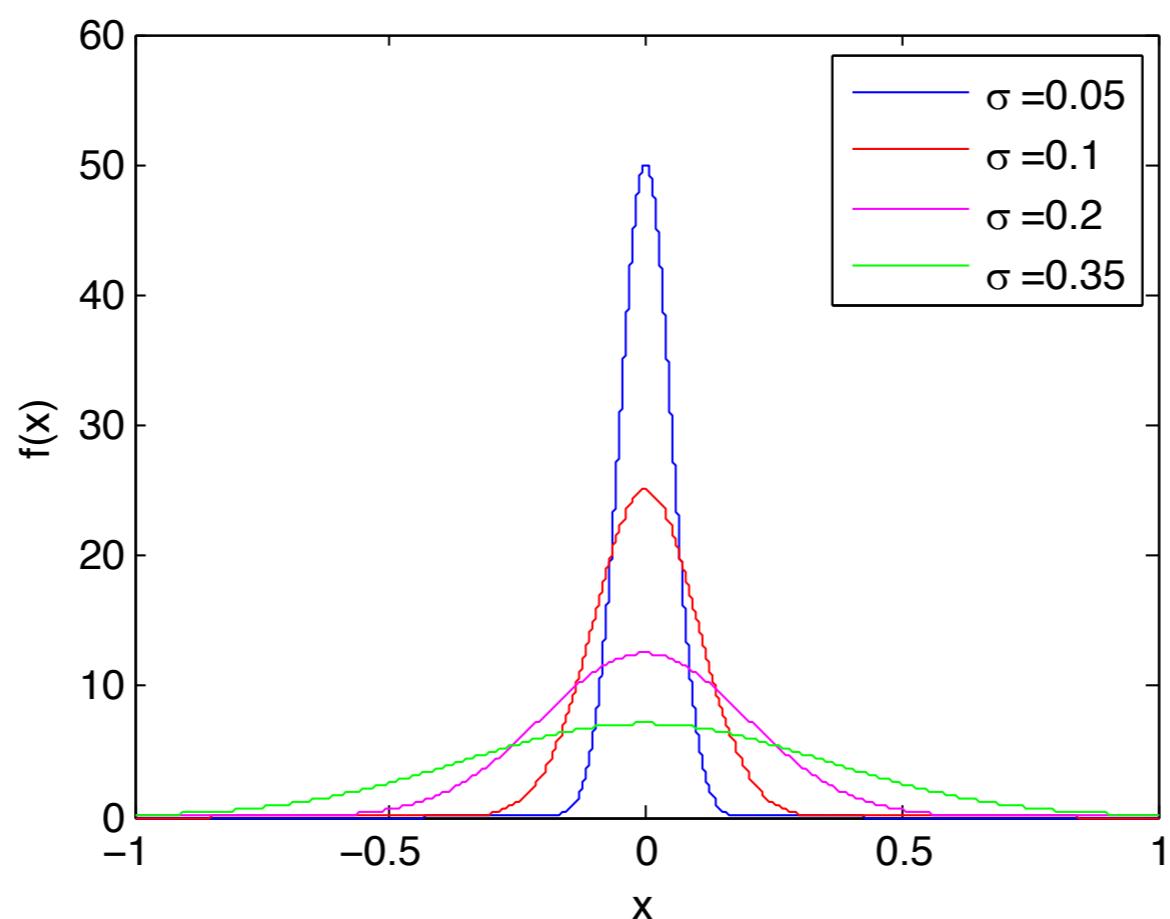
Uniforme

Rayleigh

Poisson

- El ruido gaussiano puede describirse como una variable que sigue una distribución normal

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}$$



Media

centro de gravedad de la muestra .

$$\mu = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

Desviación Estándar

Es una medida de dispersión que nos dice cuan alejados estamos de la media

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

▶ Clasificación de ruidos

Gaussiano

Impulsional

Uniforme

Rayleigh

Poisson

- Produce variaciones en la imagen con una distribución de intensidades gaussiano afectando la imagen completamente
- La mayoría de los sensores CCD y digitalizadores (escanners) produce este tipo de ruidos (por cambios de temperatura, iluminación, presión)
- En el espectro afecta todas las frecuencias



Imagen original



Imagen contaminada con ruido

▶ Clasificación de ruidos

Gaussiano

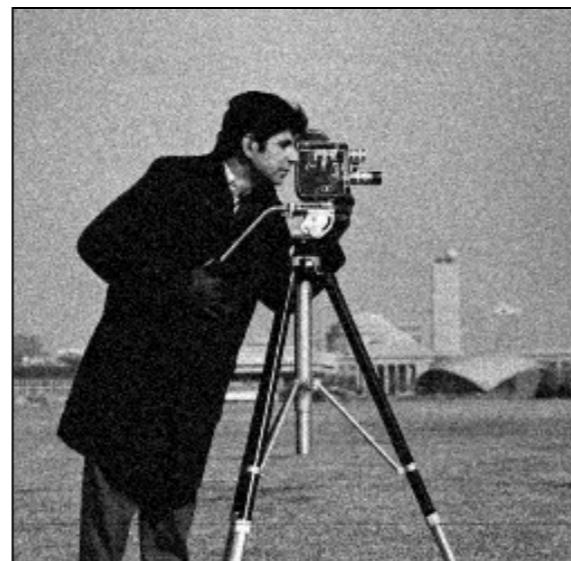
- Las frecuencias originales se pierden con el ruido.

Impulsional

Uniforme

Rayleigh

Poisson



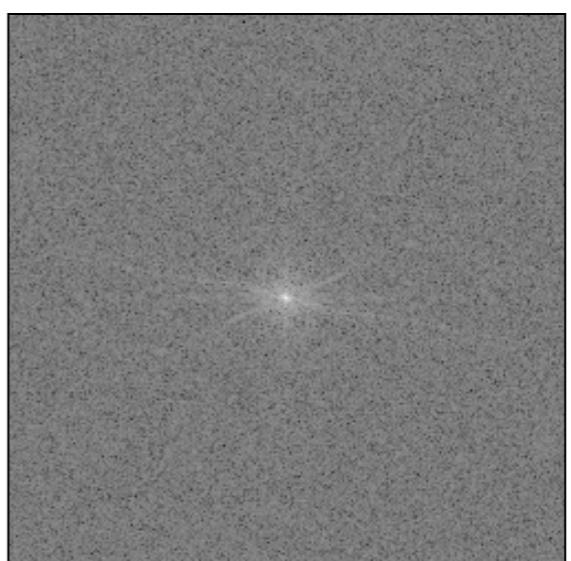
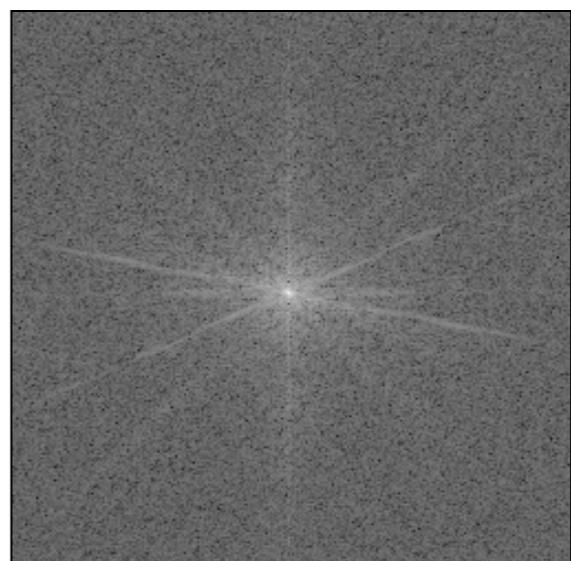
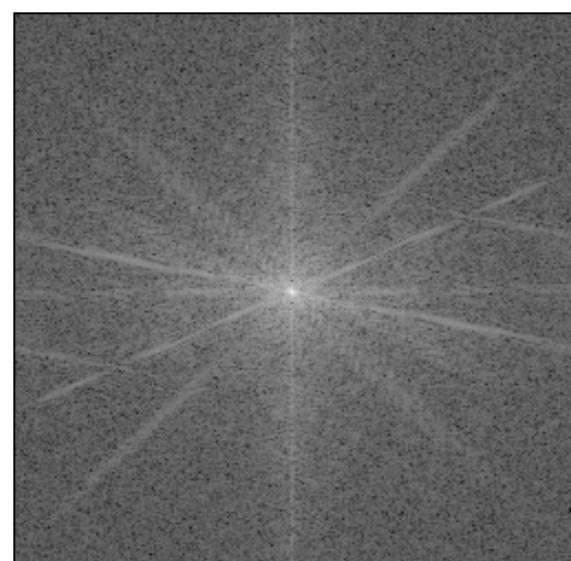
sigma= 0.05



sigma= 0.2



sigma= 0.35



▶ Clasificación de ruidos

Gaussiano

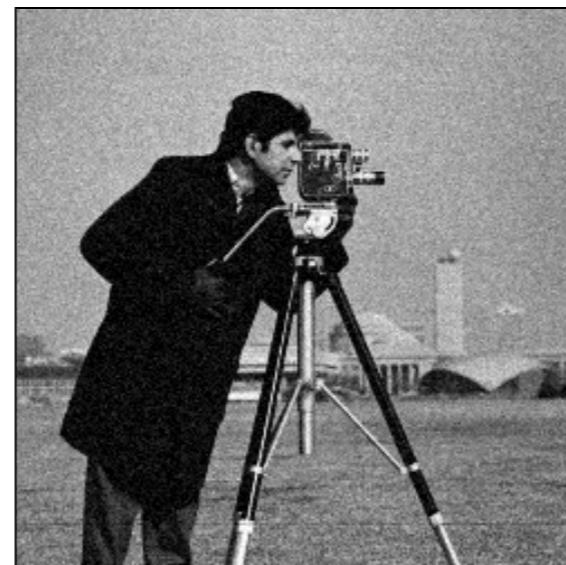
- A medida que aumenta el ruido se genera una gaussiana

Impulsional

Uniforme

Rayleigh

Poisson



sigma= 0.05

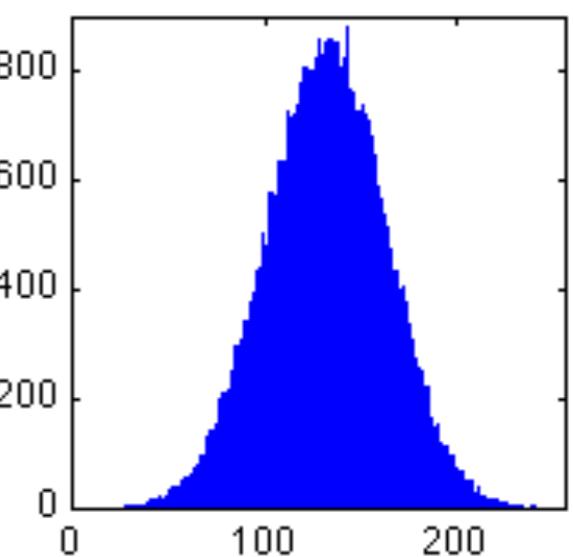
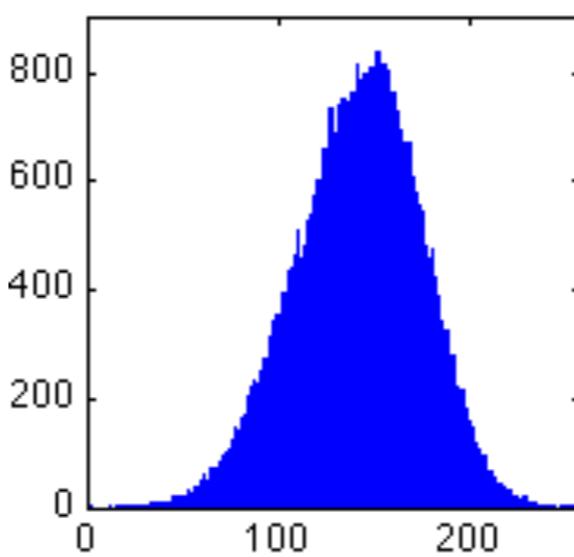
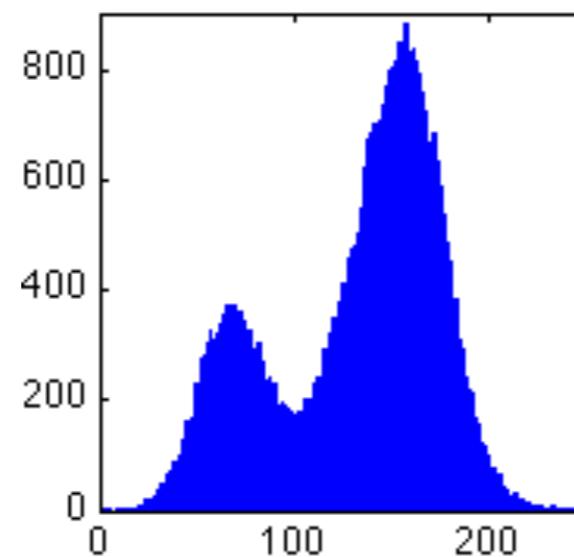


sigma= 0.2



sigma= 0.35

Histograma de la imagen superior



▶ Clasificación de ruidos

Gaussiano

- La distribución del ruido corresponde a una forma gaussiana

Impulsional

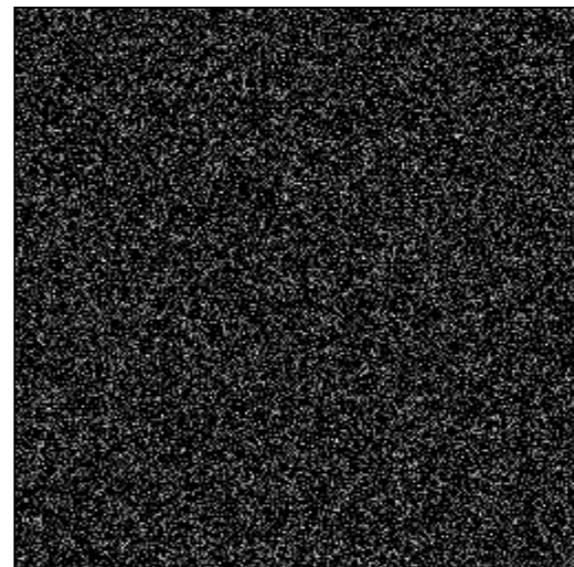
Uniforme

Rayleigh

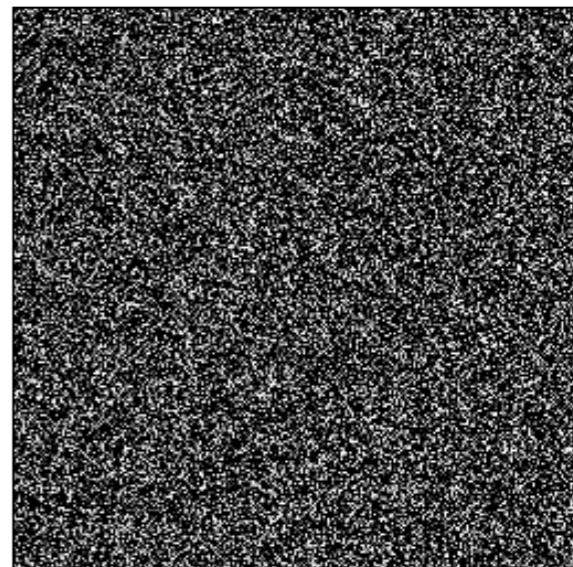
Poisson



sigma= 0.05

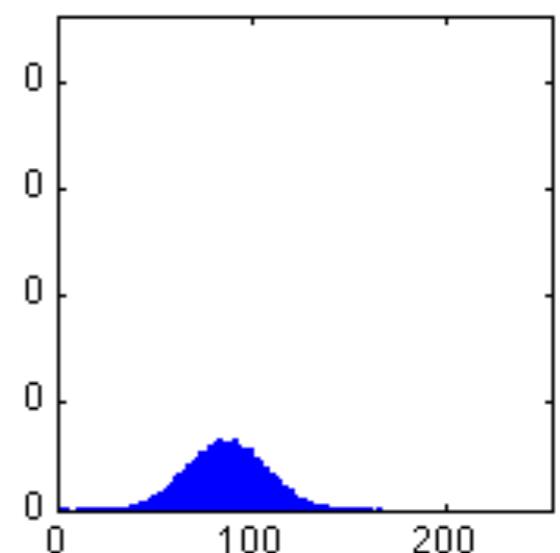
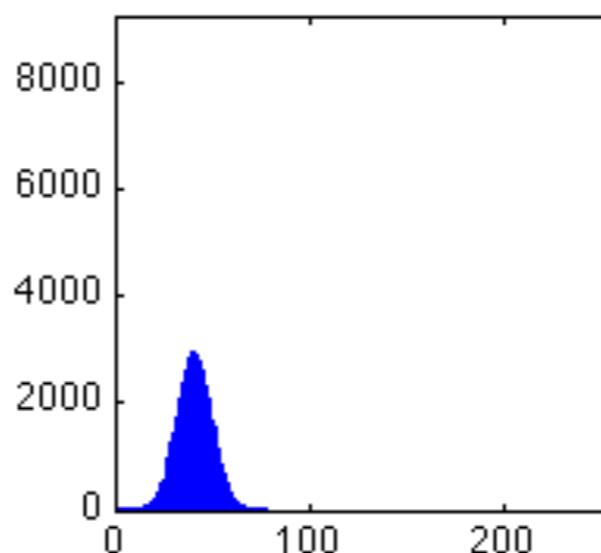
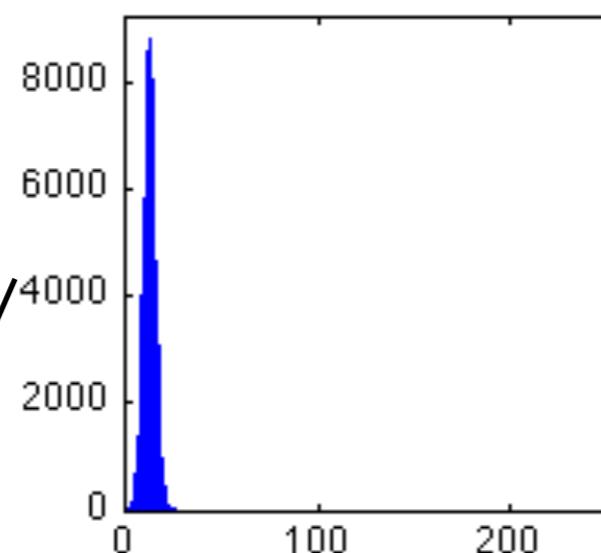


sigma= 0.2



sigma= 0.35

Histograma de la imagen superior



▶ Clasificación de ruidos

Gaussiano

Impulsional

Uniforme

Rayleigh

Poisson

- El ruido impulsional genera en la imagen valores muy altos (255) o muy bajos (0)
- La **posición** del ruido generalmente sigue una distribución normal (gaussiana)



Ruido Sal



Ruido Pimienta

▶ Clasificación de ruidos

Gaussiano

Impulsional

Uniforme

Rayleigh

Poisson

- El ruido impulsional genera en la imagen valores muy altos (255) o muy bajos (0)
- En una imagen podemos tener ruido sal y pimienta al mismo tiempo



Ruido Sal y Pimienta



Ruido Sal y Pimienta

▶ Clasificación de ruidos

Gaussiano

Impulsional

Uniforme

Rayleigh

Poisson

- Como muestra el histograma, el ruido impulsional transforma el histograma a dos valores.



sigma= 0.01

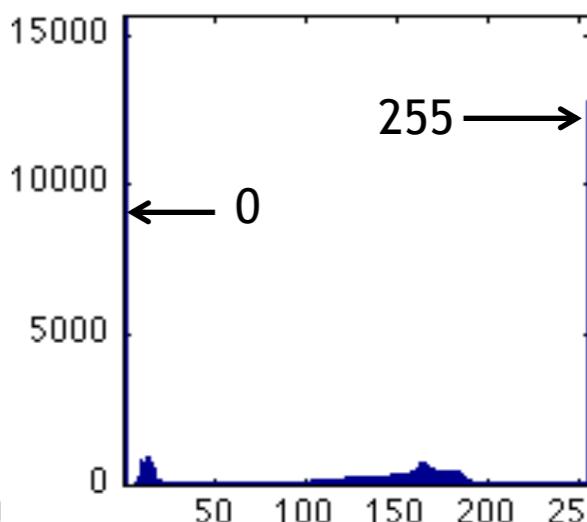
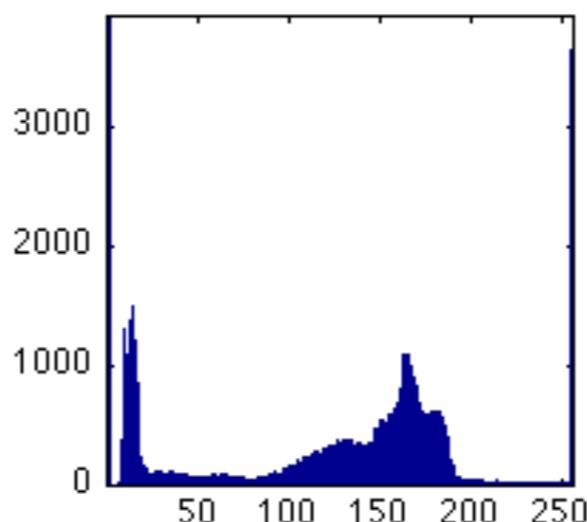
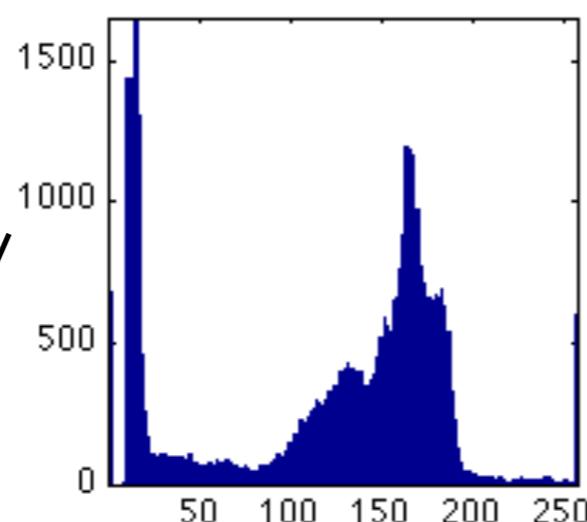


sigma= 0.05



sigma= 0.2

Histograma de la imagen superior



▶ Clasificación de ruidos

Gaussiano

Impulsional

Uniforme

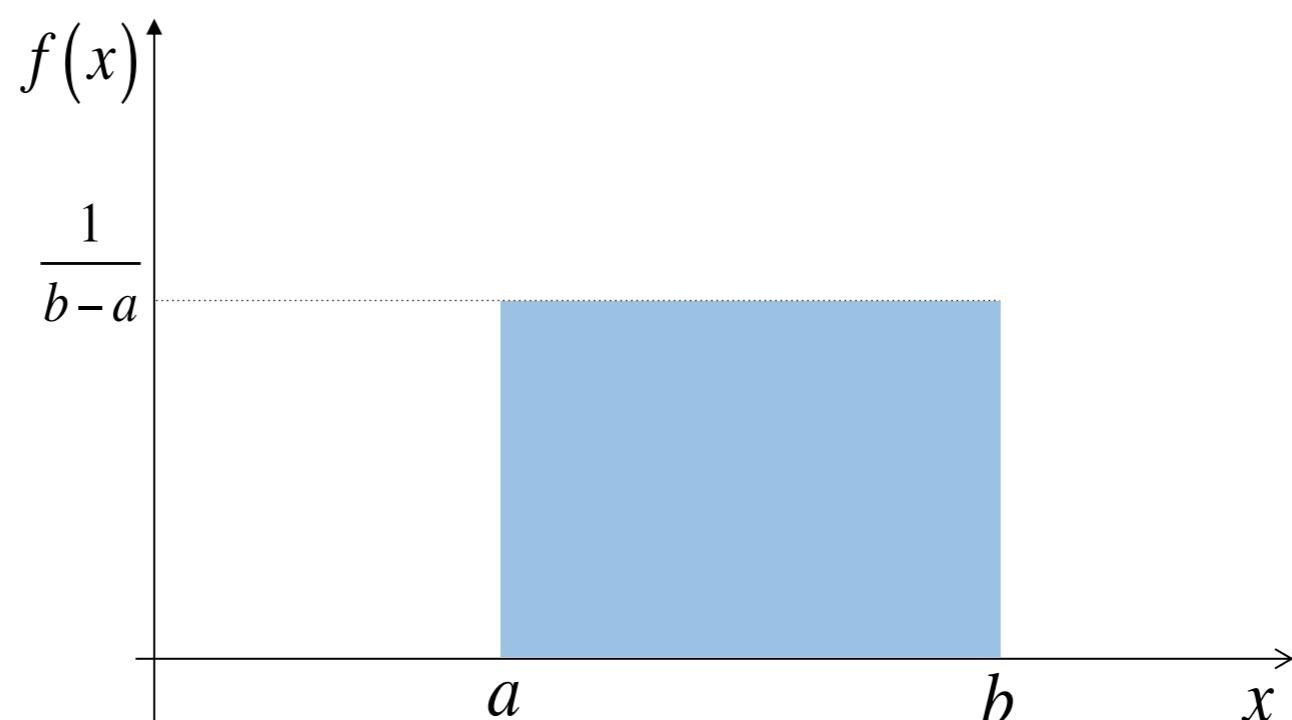
Rayleigh

Poisson

- El ruido uniforme afecta la imagen empleando una distribución uniforme (la probabilidad de tomar cualquier valor de gris en un intervalo es constante)

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{b-a} & a \leq x \leq b \\ 0 & x < a \text{ o } x > b \end{cases}$$

Distribución Uniforme
En el intervalo $[a,b]$ tenemos la misma probabilidad



▶ Clasificación de ruidos

Gaussiano

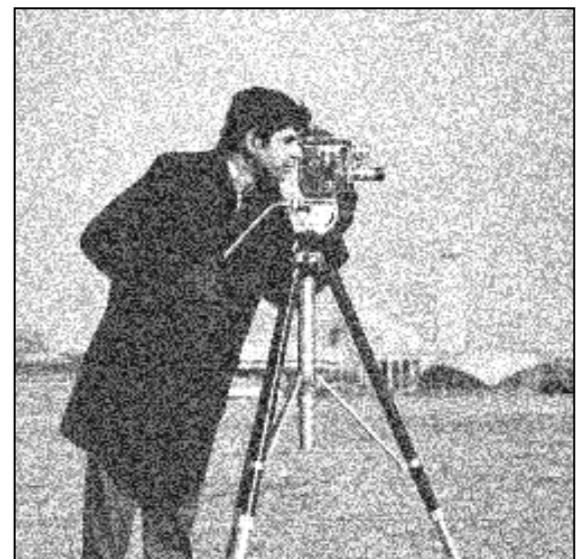
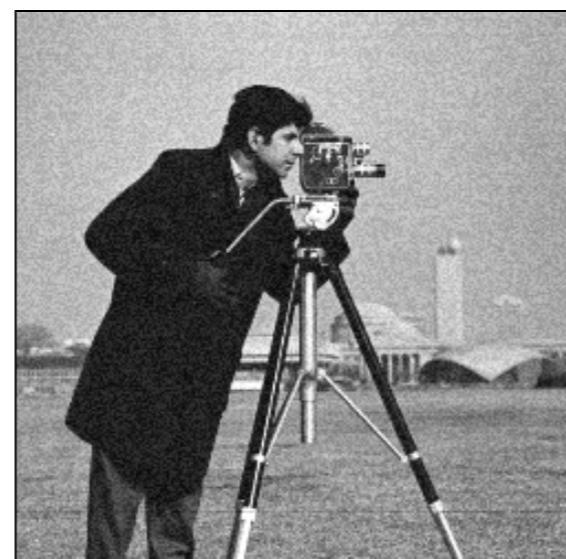
Impulsional

Uniforme

Rayleigh

Poisson

- El ruido contamina los píxeles de la imagen en forma uniforme, por ello su distribución se hace más plana

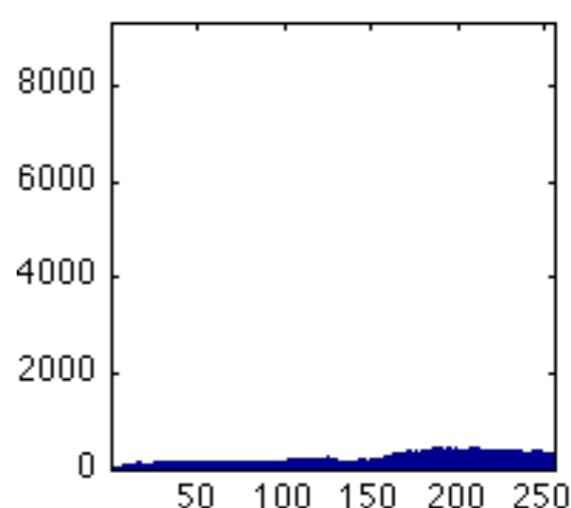
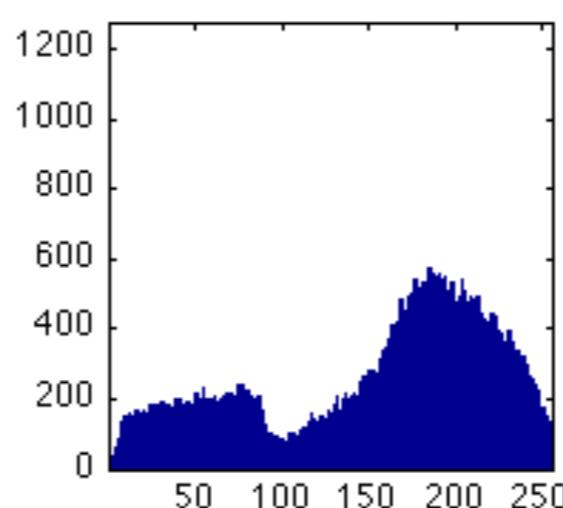
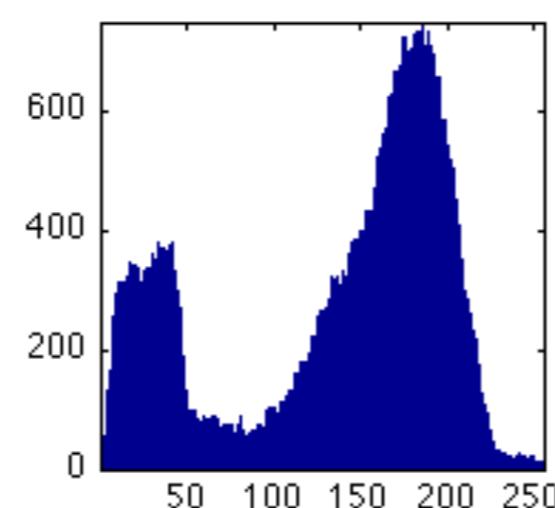


a=0 b=40

a=0 b=80

a=0 b=120

Histograma de la imagen superior



▶ Clasificación de ruidos

Gaussiano

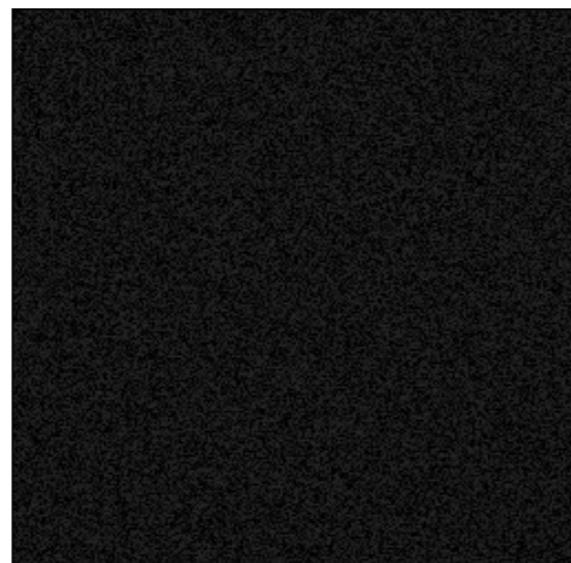
Impulsional

Uniforme

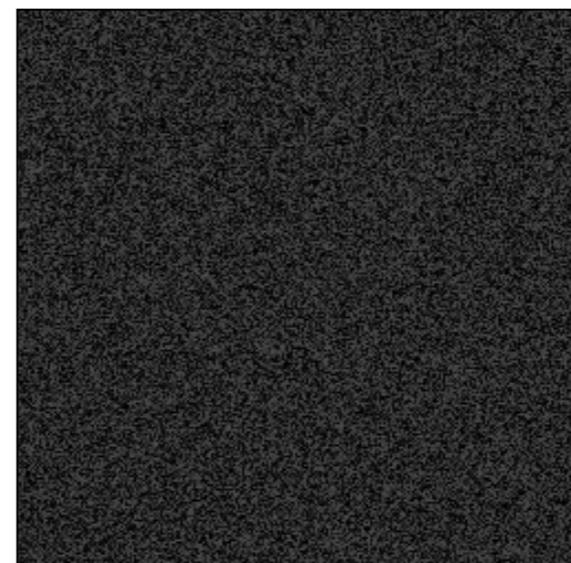
Rayleigh

Poisson

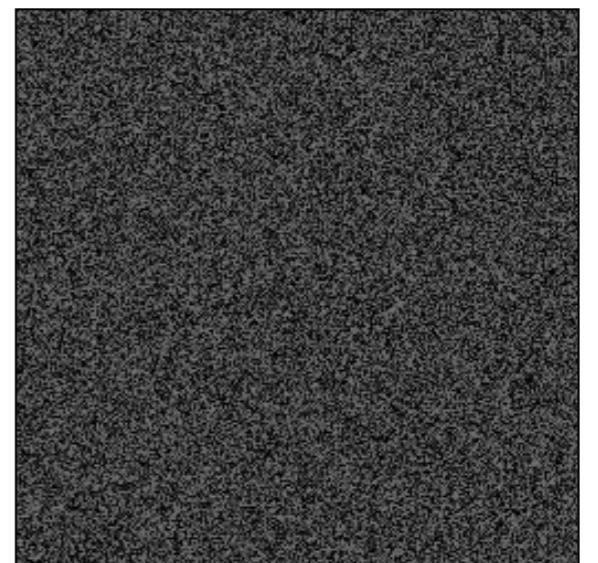
- El ruido uniforme afecta la imagen empleando una distribución uniforme (**la probabilidad de tomar cualquier valor de gris en un intervalo es constante**).



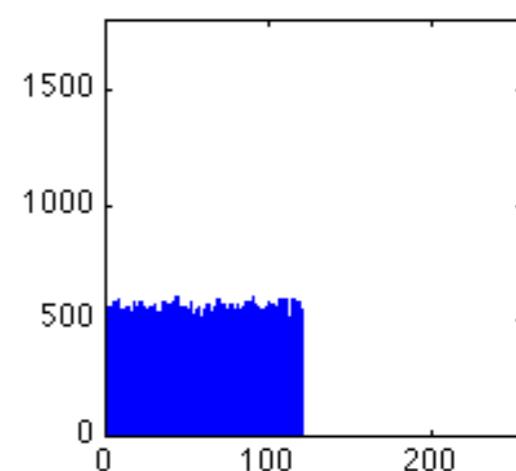
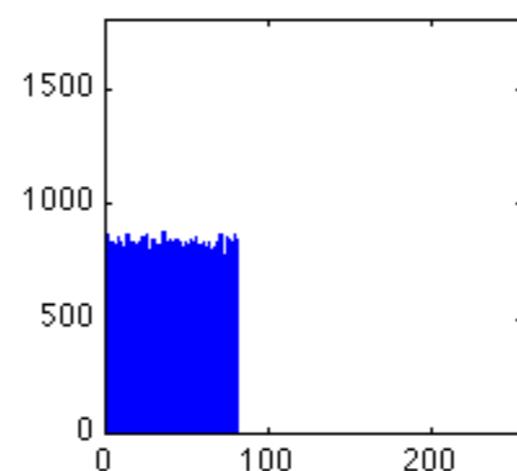
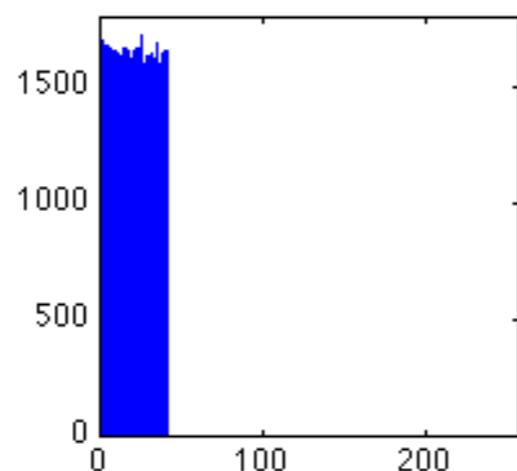
a=0 b=40



a=0 b=80



a=0 b=120



▶ Clasificación de ruidos

Gaussiano

Impulsional

Uniforme

Rayleigh

Poisson

- El ruido uniforme también puede ser del tipo frecuencial. En el espectro sólo son contaminadas algunas frecuencias



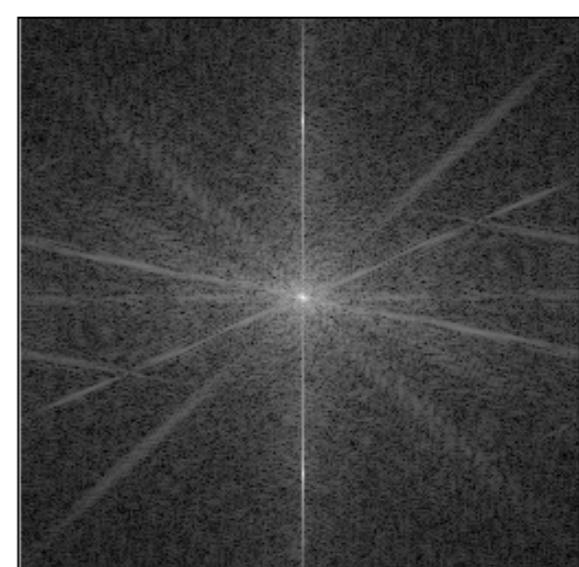
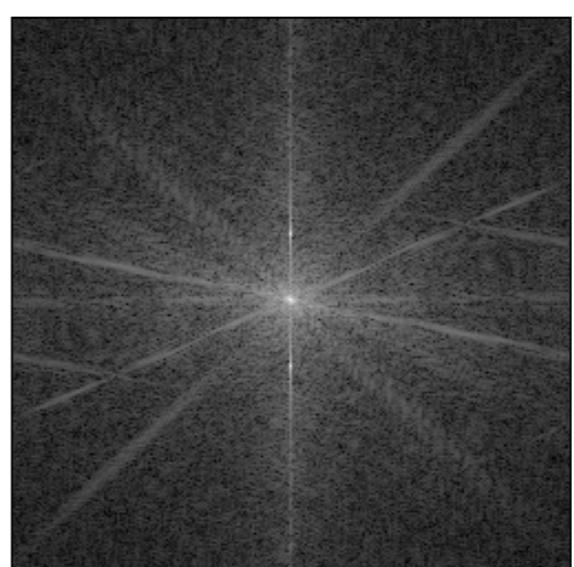
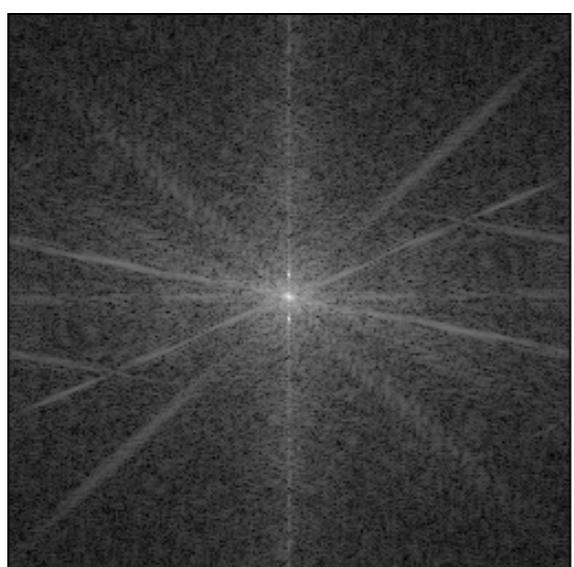
10Hz



30Hz



45Hz



▶ Clasificación de ruidos

Gaussiano

Impulsional

Uniforme

Rayleigh

Poisson

- La distribución o histograma del ruido frecuencia altera la forma original de la distribución.



10Hz

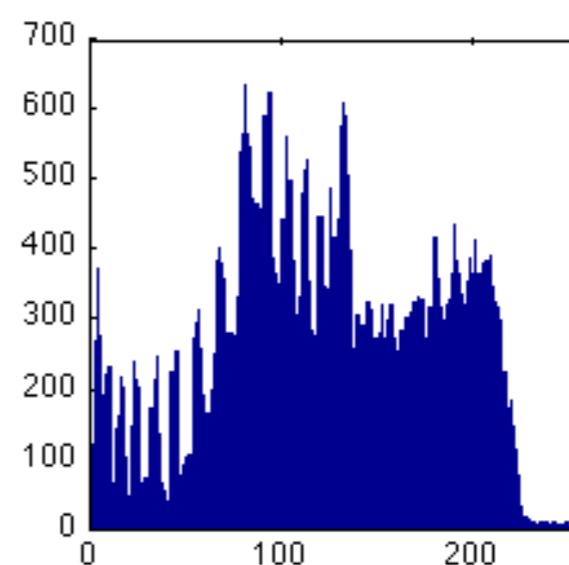
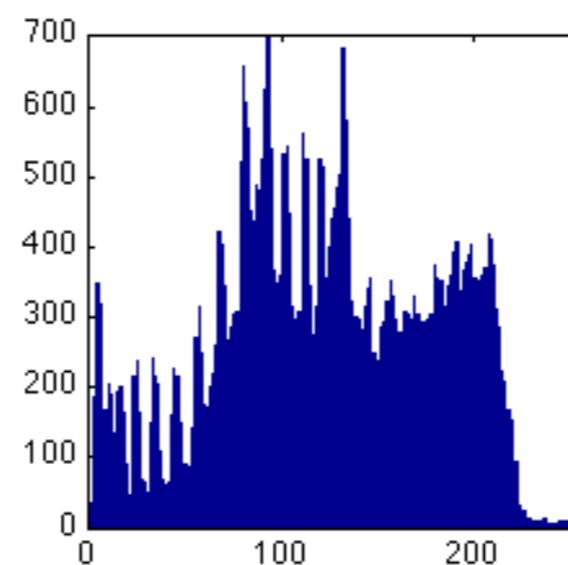
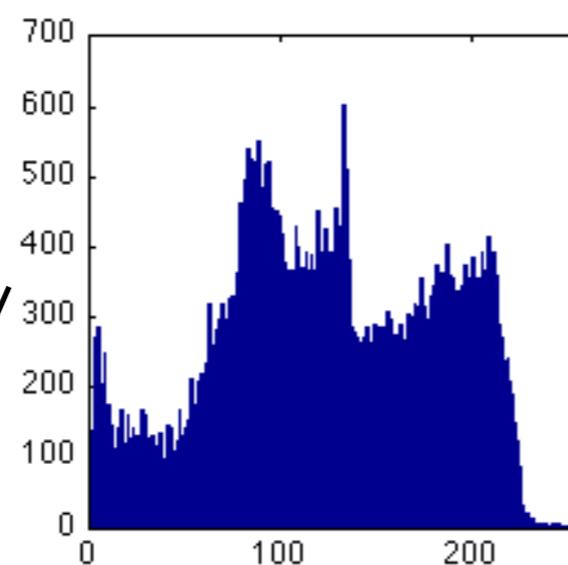


30Hz



45Hz

Histograma de la imagen superior



▶ Clasificación de ruidos

Gaussiano

Impulsional

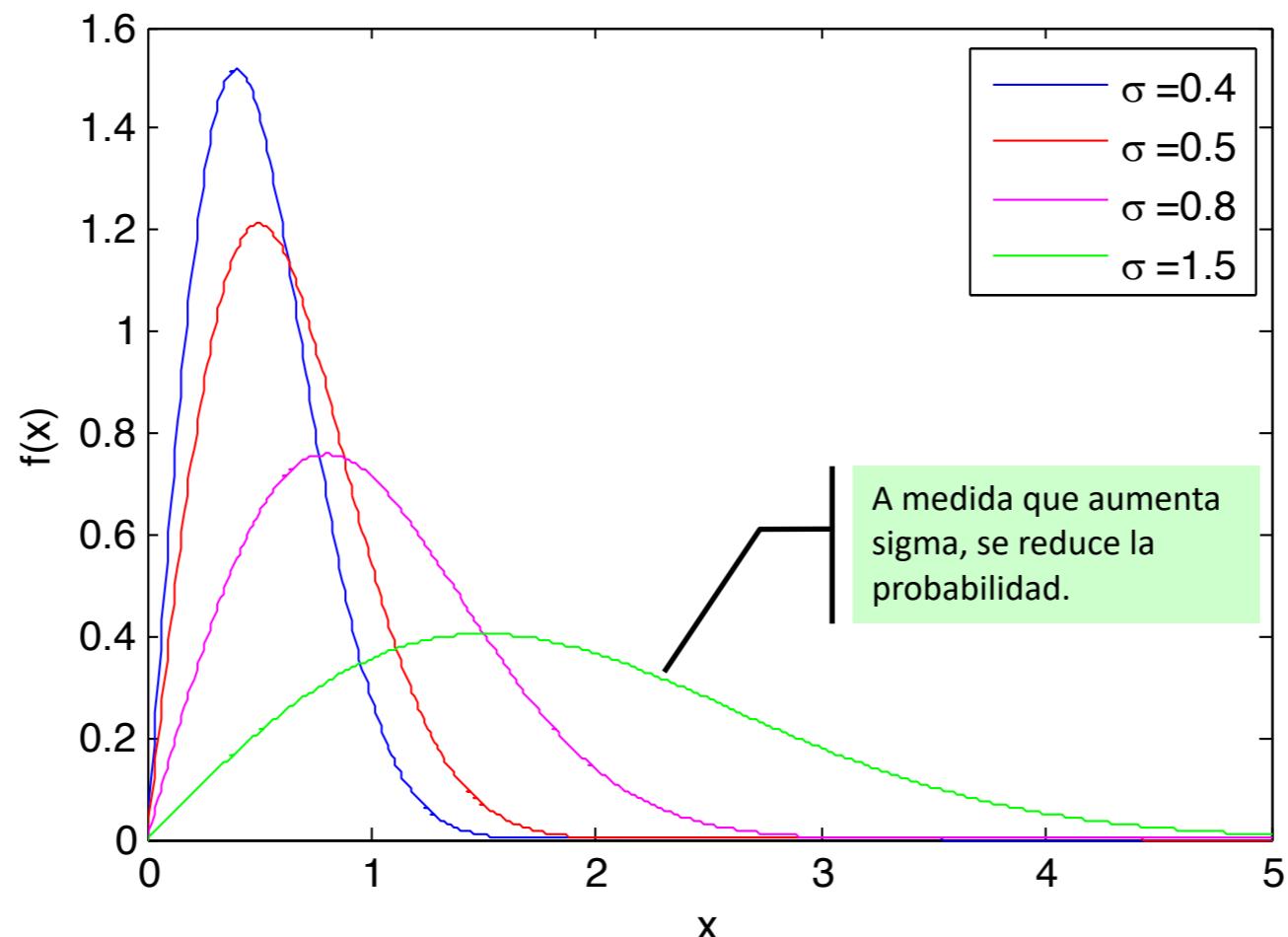
Uniforme

Rayleigh

Poisson

- El ruido Rayleigh corresponde a una distribución de probabilidad denominada Rayleigh

$$f(x) = \frac{x}{\sigma^2} \cdot e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} \quad \text{para } \sigma > 0, x > 0$$



Distribución Rayleigh

Permite modelar eventos de la naturaleza como la dispersión de la luz, o el movimiento del viento

Media

centro de gravedad de la muestra .

$$\mu = \sigma \cdot \sqrt{\frac{\pi}{2}}$$

▶ Clasificación de ruidos

Gaussiano

Impulsional

Uniforme

Rayleigh

Poisson

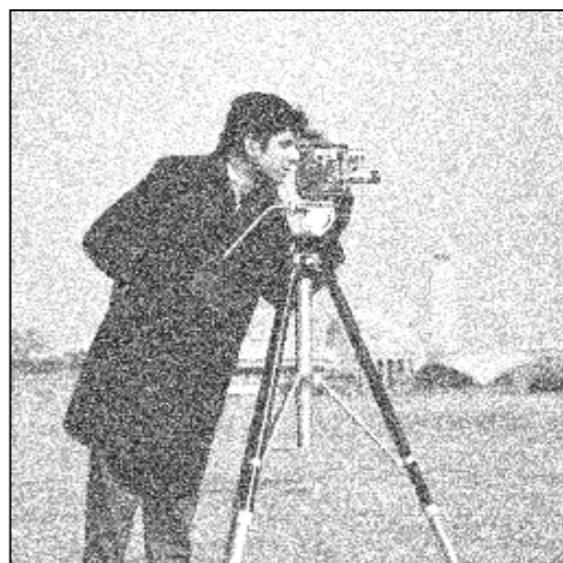
- El ruido Rayleigh contamina todas las frecuencias, haciendo difícil su eliminación por esta vía.



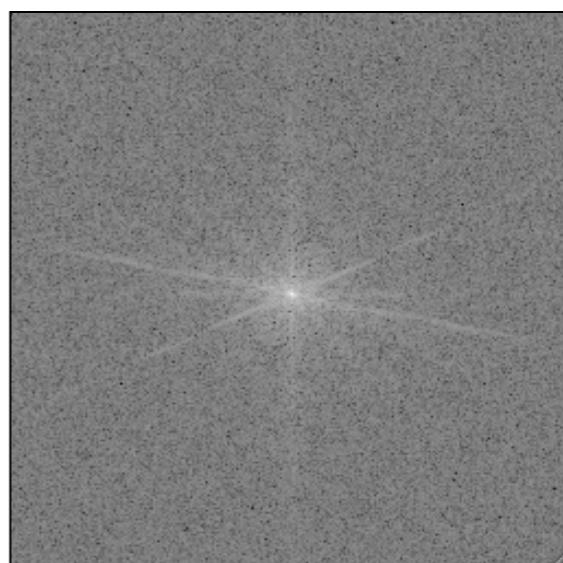
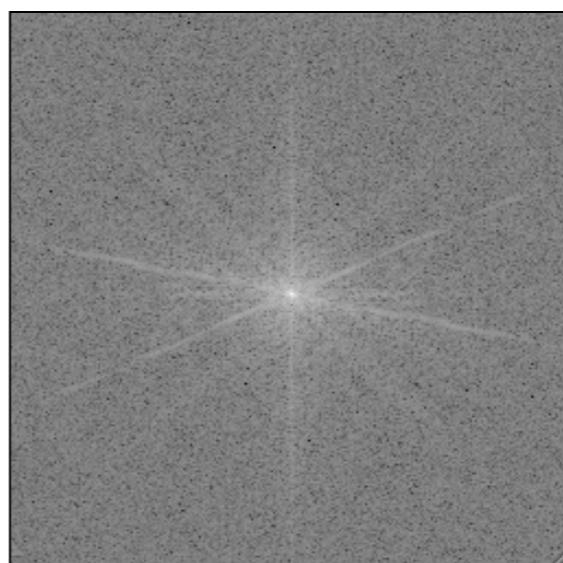
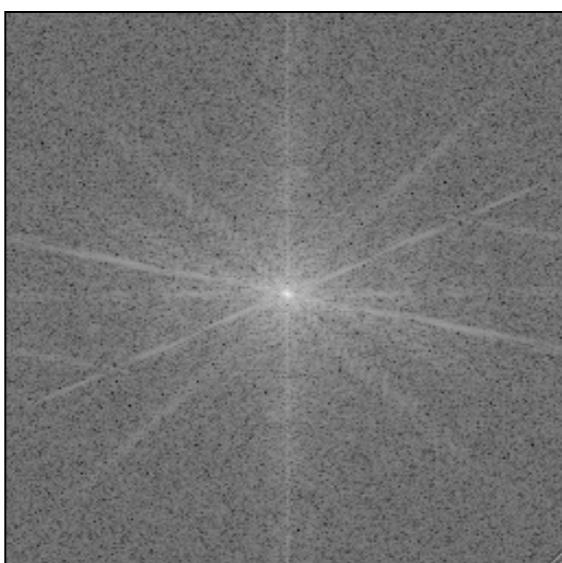
$\sigma = 20$



$\sigma = 40$



$\sigma = 60$



▶ Clasificación de ruidos

Gaussiano

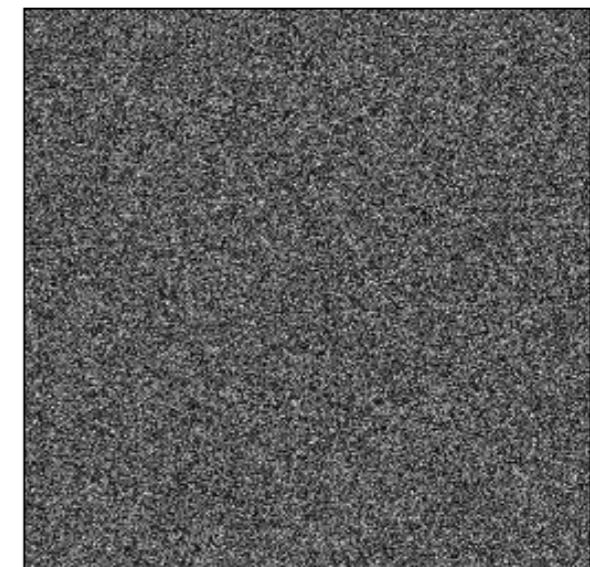
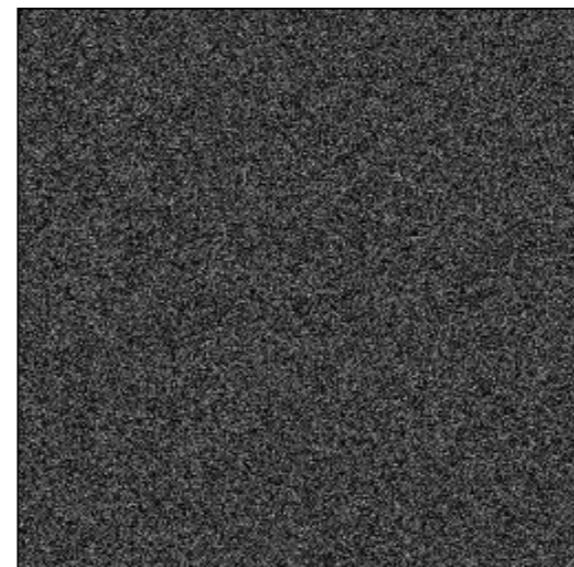
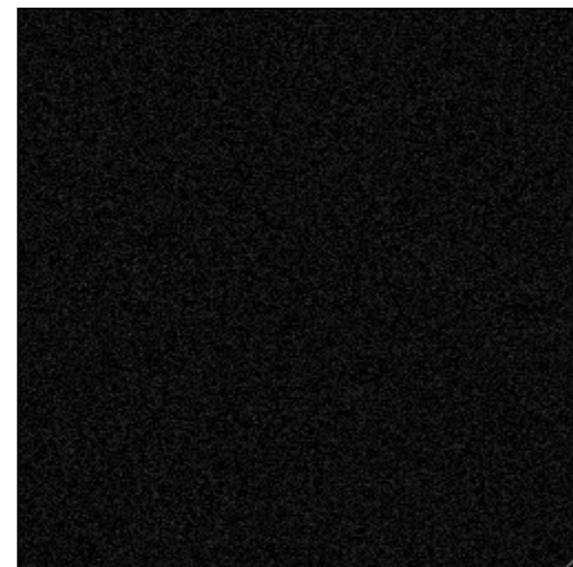
- Se observa como la distribución del ruido (histograma) comienza desde cero y va expandiéndose en función de sigma

Impulsional

Uniforme

Rayleigh

Poisson

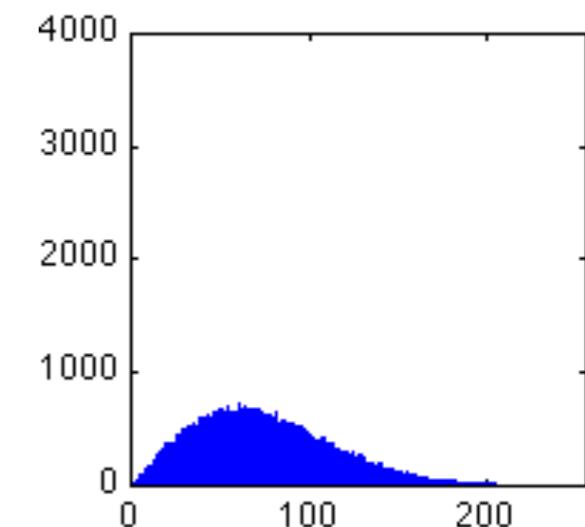
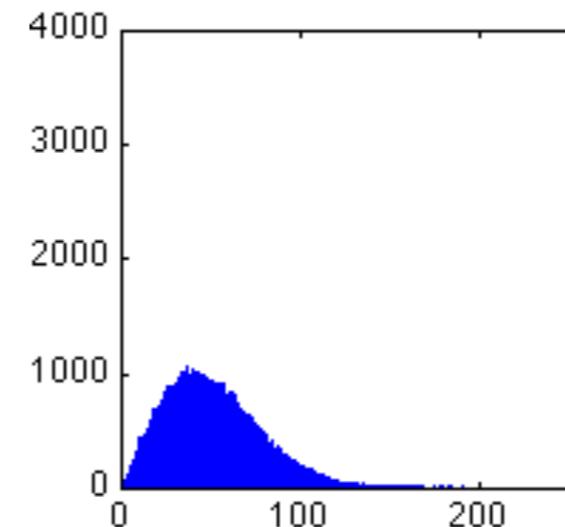
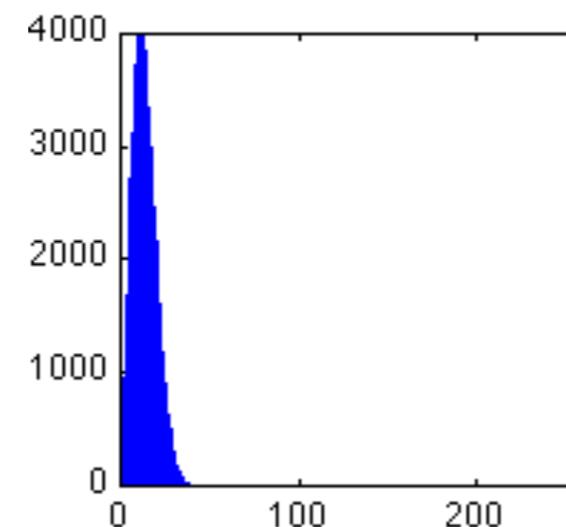


sigma=20

sigma=40

sigma=60

Histograma de la imagen superior



▶ Clasificación de ruidos

Gaussiano

Impulsional

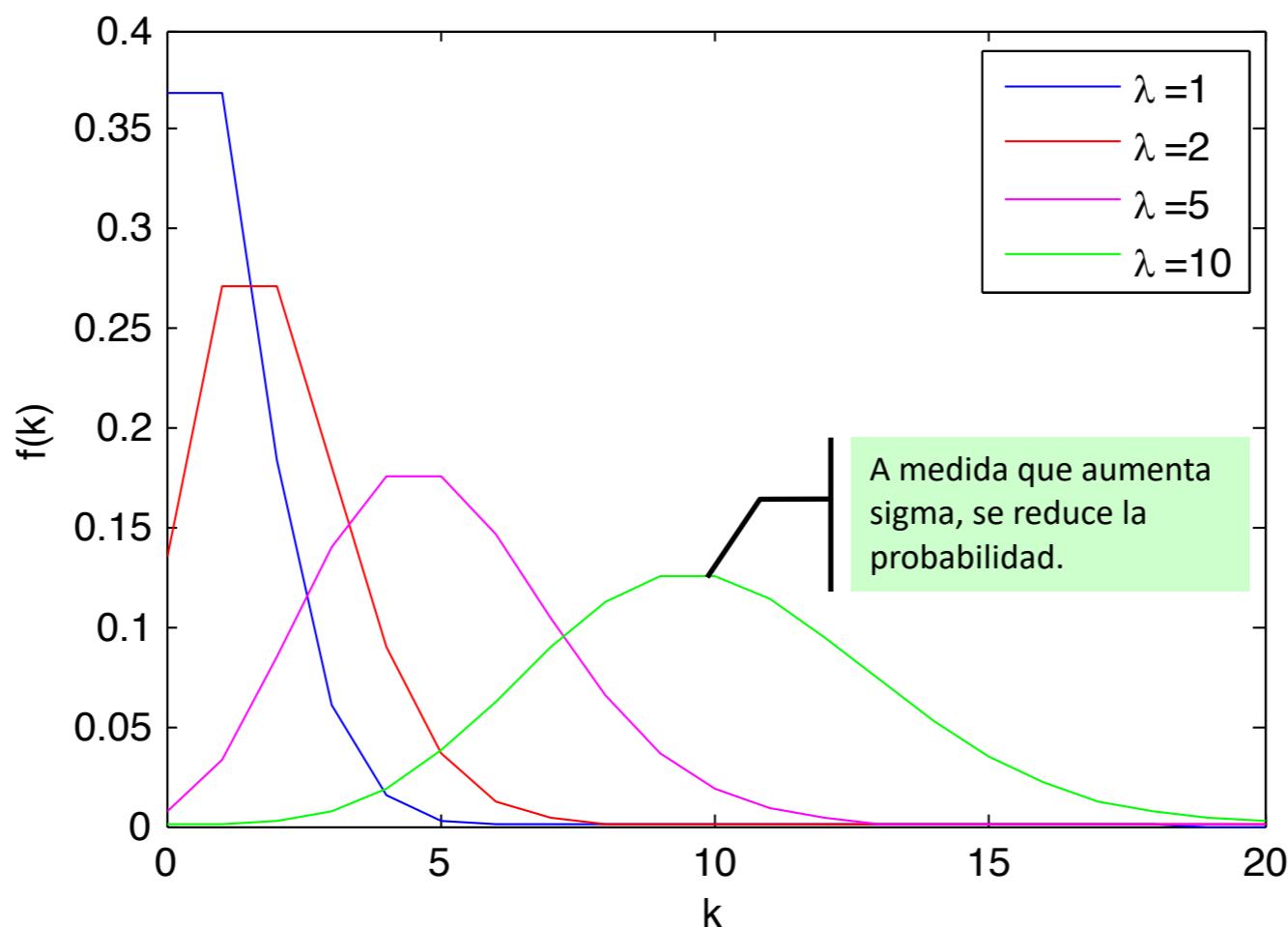
Uniforme

Rayleigh

Poisson

- El ruido Poisson responde a una distribución de probabilidad denominada Distribución de Poisson

$$f(k) = \frac{\lambda^k}{k!} \cdot e^{-\lambda} \quad \text{para } k \in \{0,1,2,3\dots\}, \lambda > 0$$



Distribución Poisson

Es una distribución de probabilidad discreta. Modela la probabilidad de ocurrencia de un evento en un periodo determinado.

Media

centro de gravedad de la muestra .

$$\mu = \lambda$$

▶ Clasificación de ruidos

Gaussiano

Impulsional

Uniforme

Rayleigh

Poisson

- El ruido de Poisson modifica las frecuencias en forma constante.



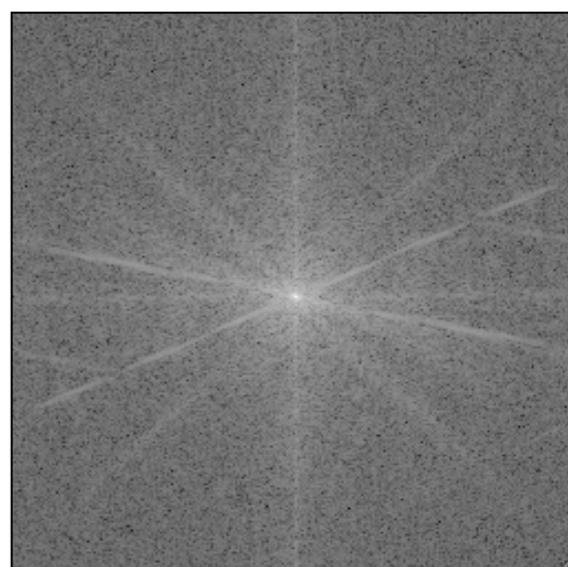
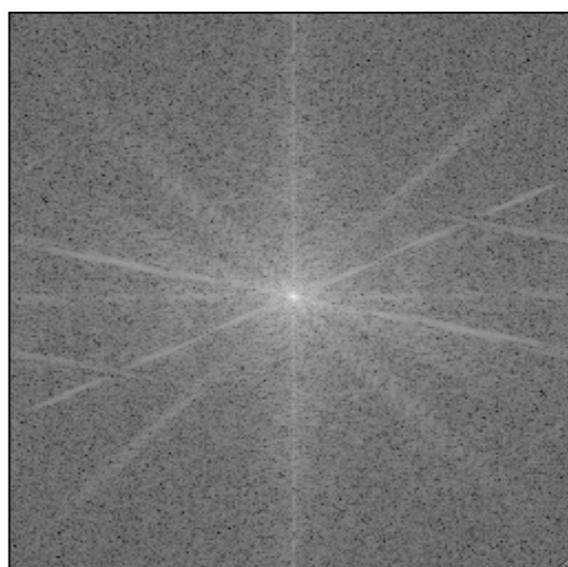
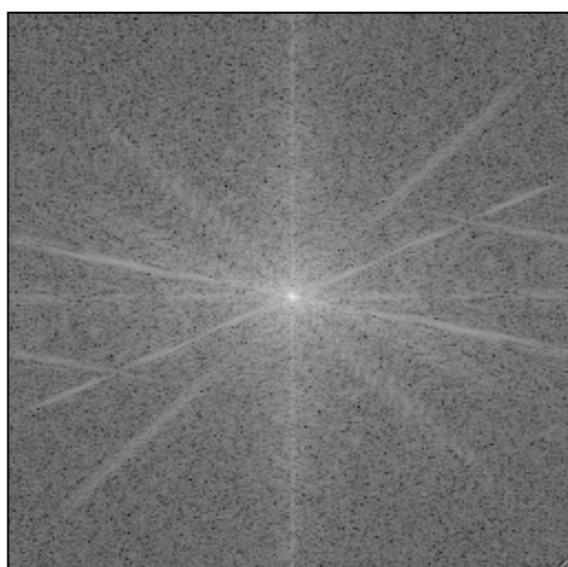
$\sigma = 20$



$\sigma = 40$



$\sigma = 60$



▶ Clasificación de ruidos

Gaussiano

Impulsional

Uniforme

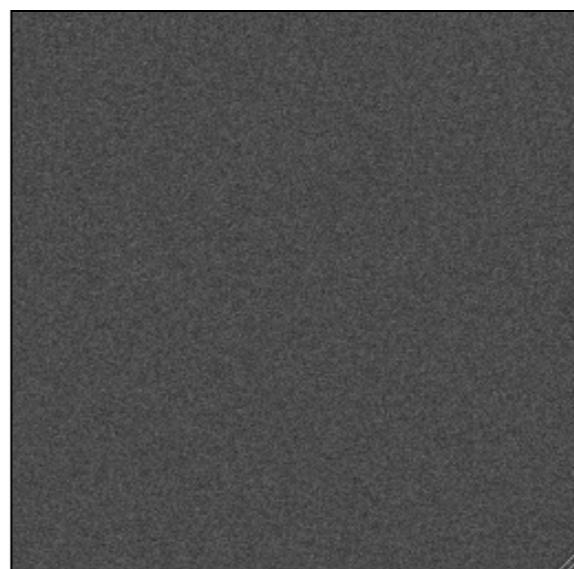
Rayleigh

Poisson

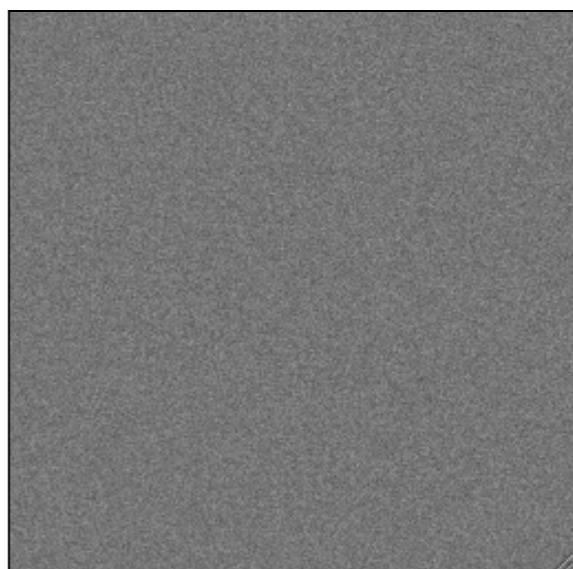
- Se observa como la distribución del ruido (histograma) se expande y centra la media según el valor de lambda



lambda=40

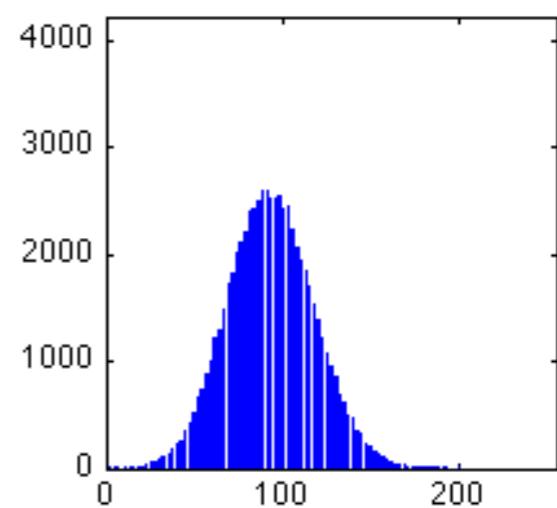
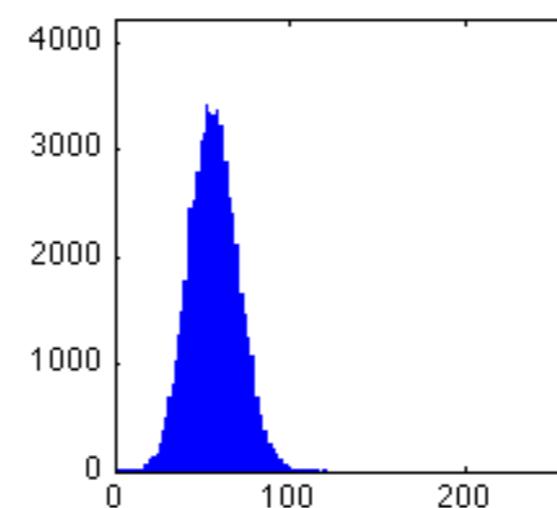
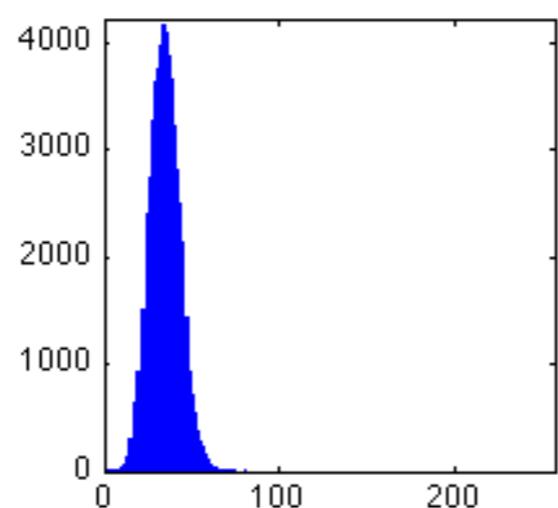


lambda=60



lambda=100

Histograma de la imagen superior



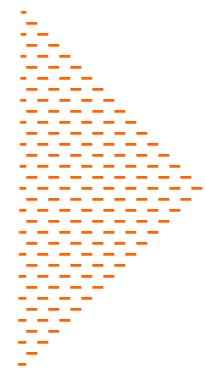
- Restauración
 - Ruido y sus tipos
 - Técnicas de filtrado



► 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

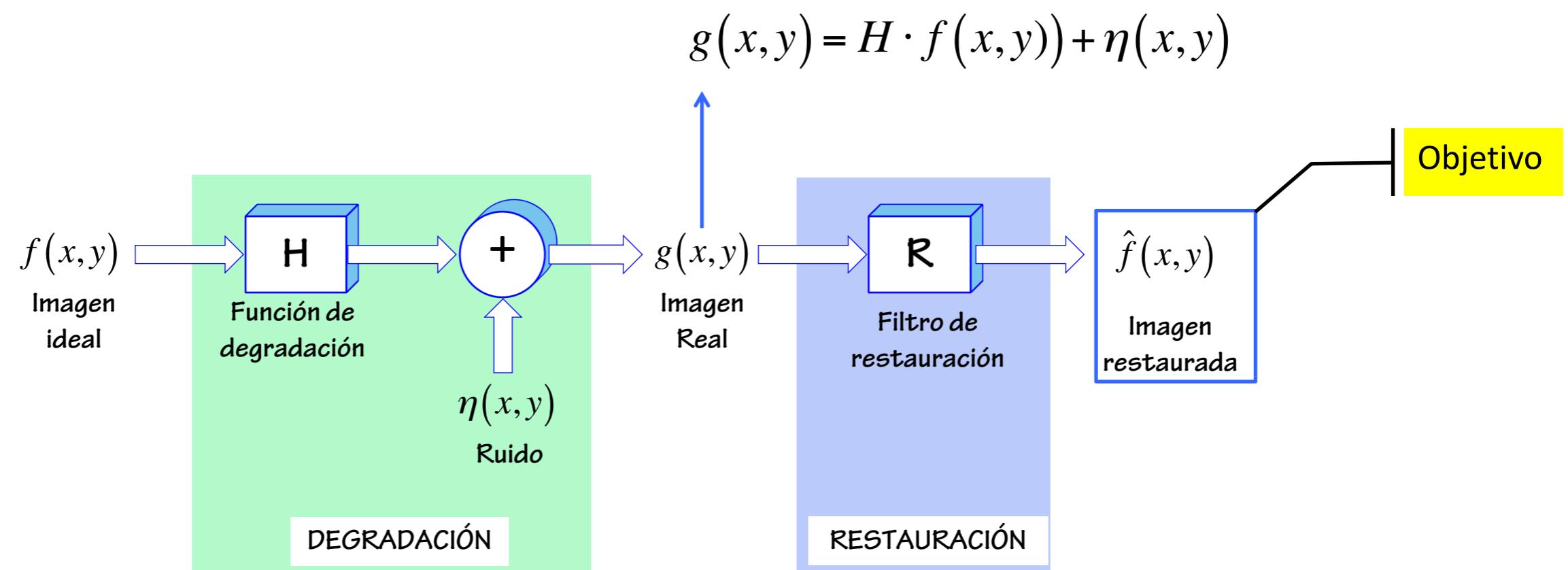
■ Dominio Frecuencial

- Filtro Ideal
 - Filtro Gaussiano
 - Filtro Butterworth
- 
- Pasa alto
 - Pasa bajo
 - Pasa banda
 - Rechazo banda



▶ ¿Cómo reducimos el ruido?

- Como hemos visto, el ruido perturba o contamina la imagen con valores que no corresponden a la imagen original.
- Para reducir el ruido, es necesario emplear filtros de restauración que nos permitirán obtener una imagen restaurada.



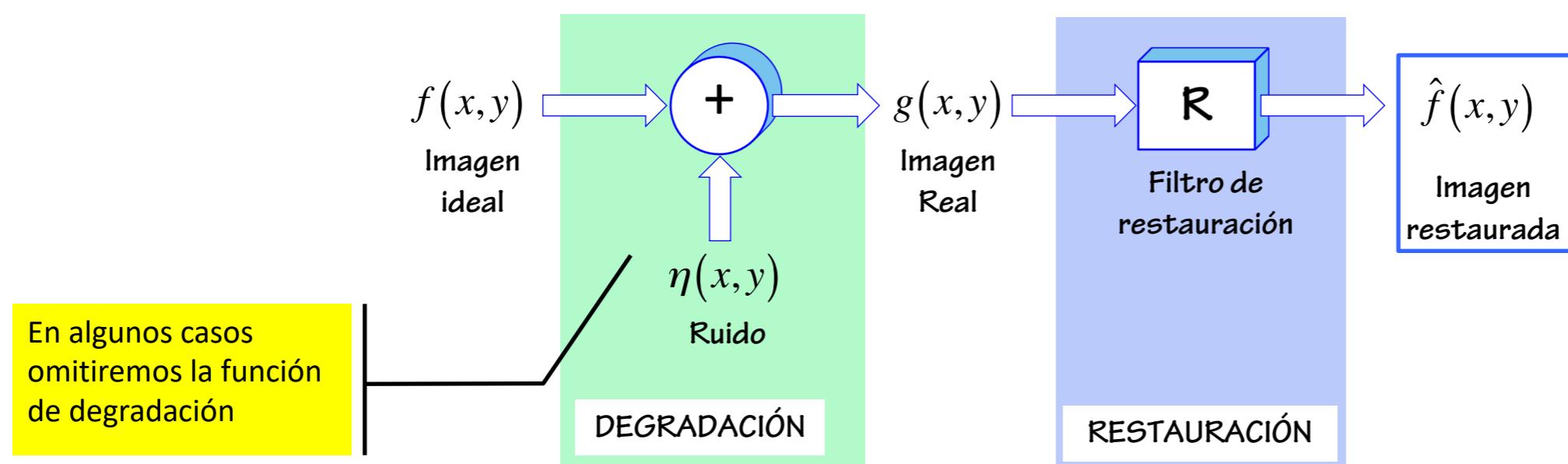
▶ Dominio Espacial

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

Definición

Los filtros de orden estadísticos operan sobre la base de un orden o ranking de los datos contenidos en una región o ventana

El resultado obtenido como respuesta del filtro opera únicamente a base del orden



▶ Filtros de orden estadísticos (mediana)



- Reemplaza el valor central de la máscara por la mediana de los valores contenidos en ella.

$$\hat{f}(x, y) = \text{mediana}_{i,j} \{g(x_i, y_i)\}$$

- Ventajas:
 - Reduce el ruido impulsional.
 - Preserva los bordes.
 - Preserva los píxeles de la imagen original.
- Desventajas
 - Costoso en tiempo de cálculo.
 - Redondea las esquinas.



▶ Filtros de orden estadísticos (mediana)

Mediana

- Reemplaza el valor central de la máscara por la mediana de los valores contenidos en ella.

Moda

$$\hat{f}(x, y) = \text{mediana}_{i,j} \{g(x_i, y_i)\}$$

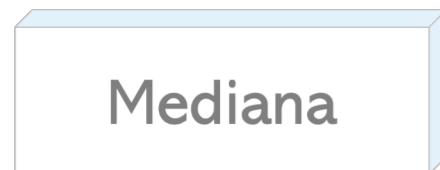
Max-min

Punto medio

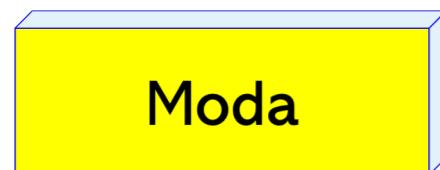
Promedio
alfa-acotado



▶ Filtros de orden estadísticos (moda)



- Reemplaza el valor central de la máscara por la moda de los valores contenidos en la máscara

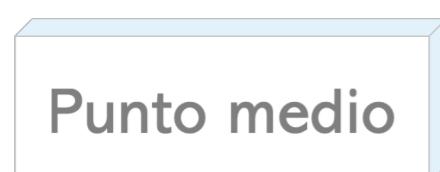


$$\hat{f}(x, y) = \text{moda}_{i,j} \{g(x_i, y_i)\}$$



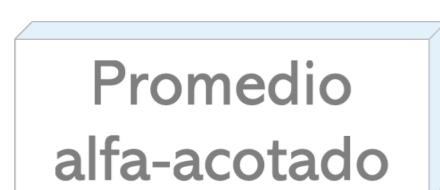
- Ventajas:

- Reduce el ruido impulsional (sal y pimienta).



- Desventajas

- Costoso en tiempo de cálculo.
 - No preserva los bordes.
 - Contamina el valor central con valores incorrectos ya que los valores de la máscara pueden ser todos distintos.



▶ Filtros de orden estadísticos (moda)

Mediana

Moda

Max-min

Punto medio

Promedio
alfa-acotado

- Reemplaza el valor central de la máscara por la moda de los valores contenidos en la máscara

$$\hat{f}(x, y) = \text{moda}_{i,j} \{g(x_i, y_i)\}$$



▶ Filtros de orden estadísticos (max-min)



- Reemplaza el valor central de la máscara por el valor máximo o mínimo de los valores contenidos en la máscara.

$$\hat{f}(x,y) = \max_{i,j} \{g(x_i, y_i)\} \quad \hat{f}(x,y) = \min_{i,j} \{g(x_i, y_i)\}$$

- Ventajas:
 - Max: Reduce el ruido pimienta.
 - Min: Reduce el ruido sal.
- Desventajas
 - Sólo funciona cuando hay ruido sal o pimienta.
 - Max: Tiene a aclarar la imagen.
 - Min: Tiende a oscurecer la imagen.

▶ Filtros de orden estadísticos (max)

Mediana

Moda

Max-min

Punto medio

Promedio
alfa-acotado

- Reemplaza el valor central de la máscara por el valor máximo la máscara

$$\hat{f}(x, y) = \max_{i,j} \{g(x_i, y_i)\}$$



▶ Filtros de orden estadísticos (min)

Mediana

Moda

Max-min

Punto medio

Promedio
alfa-acotado

- Reemplaza el valor central de la máscara por el valor mínimo de la máscara

$$\hat{f}(x,y) = \min_{i,j} \{g(x_i, y_i)\}$$



▶ Filtros de orden estadísticos (min-max)

Mediana

Moda

Max-min

Punto medio

Promedio
alfa-acotado

- En este ejemplo vemos cómo la aplicación de un filtro puede incrementar el ruido en vez de atenuarlo

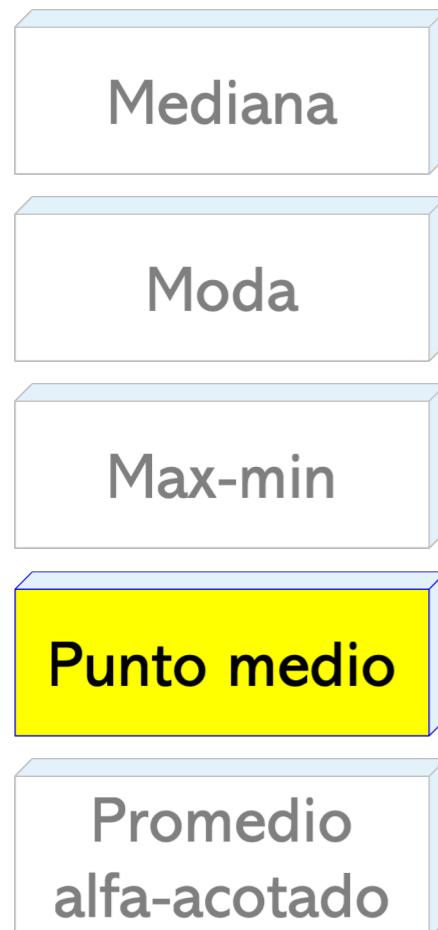
$$\hat{f}(x,y) = \min_{i,j} \{g(x_i, y_i)\}$$



$$\hat{f}(x,y) = \max_{i,j} \{g(x_i, y_i)\}$$



▶ Filtros de orden estadísticos (punto medio)



- Reemplaza el valor central de la máscara por el promedio entre el máximo y el mínimo de la máscara

$$\hat{f}(x, y) = \frac{1}{2} \left(\max_{i,j} \{g(x_i, y_i)\} + \min_{i,j} \{g(x_i, y_i)\} \right)$$

- Ventajas:
 - Reduce el ruido gaussiano en regiones de similar tonalidad.
- Desventajas
 - Incrementa el ruido en imágenes con ruido sal y pimienta.

▶ Filtros de orden estadísticos (punto medio)

Mediana

Moda

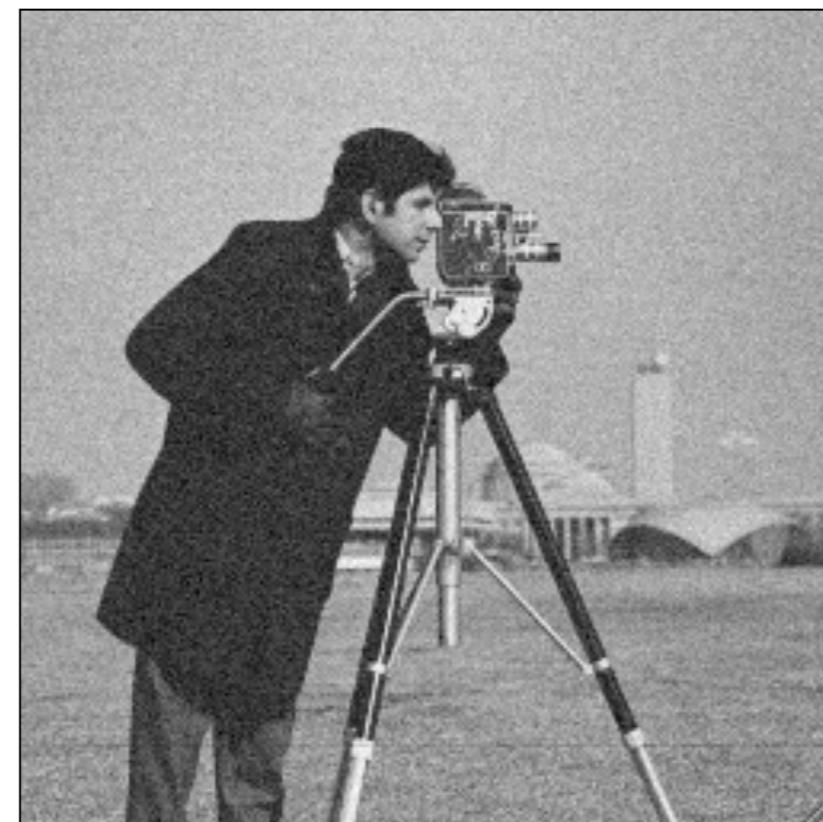
Max-min

Punto medio

Promedio
alfa-acotado

- Reemplaza el valor central de la máscara por el promedio entre el máximo y el mínimo de la máscara

$$\hat{f}(x, y) = \frac{1}{2} \left(\max_{i,j} \{g(x_i, y_i)\} + \min_{i,j} \{g(x_i, y_i)\} \right)$$



▶ Filtros de orden estadísticos (punto medio)

Mediana

Moda

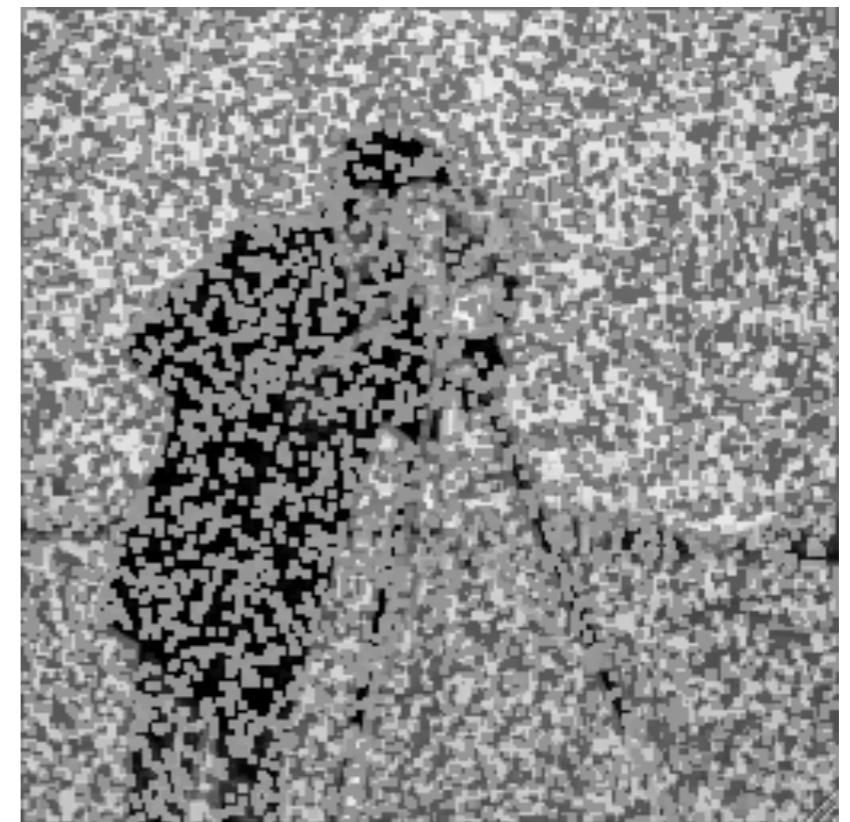
Max-min

Punto medio

Promedio
alfa-acotado

- Reemplaza el valor central de la máscara por el promedio entre el máximo y el mínimo de la máscara

$$\hat{f}(x, y) = \frac{1}{2} \left(\max_{i,j} \{g(x_i, y_i)\} + \min_{i,j} \{g(x_i, y_i)\} \right)$$

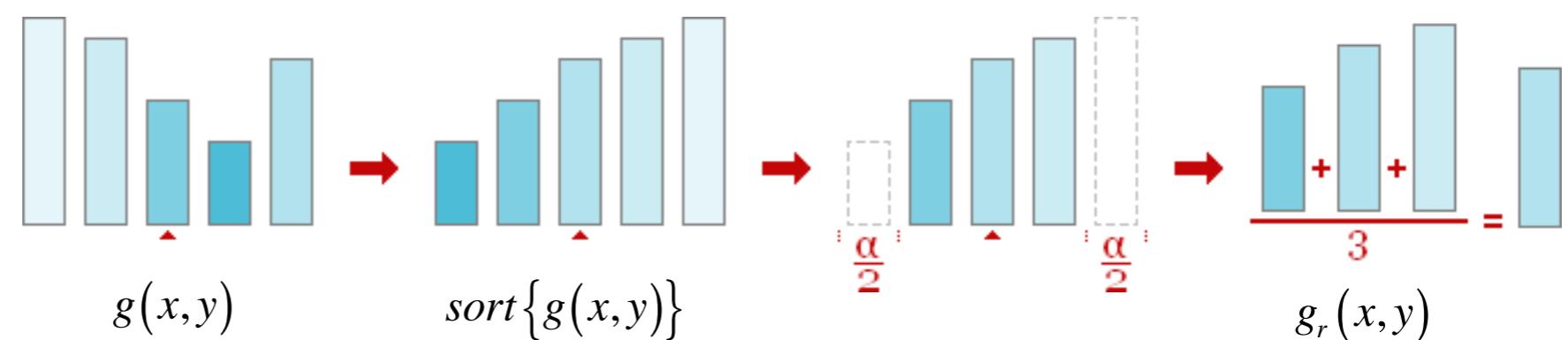
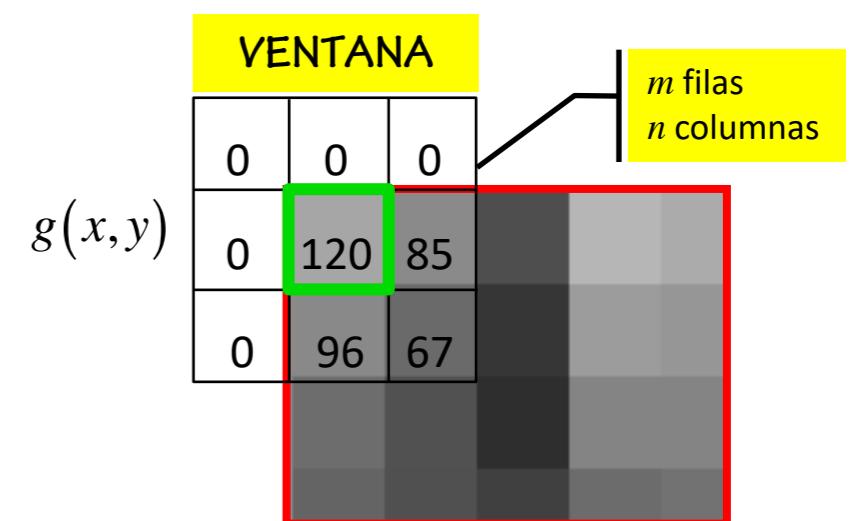


▶ Filtros de orden estadísticos (alfa-acotado)

- Mediana
- Moda
- Max-min
- Punto medio
- Promedio alfa-acotado

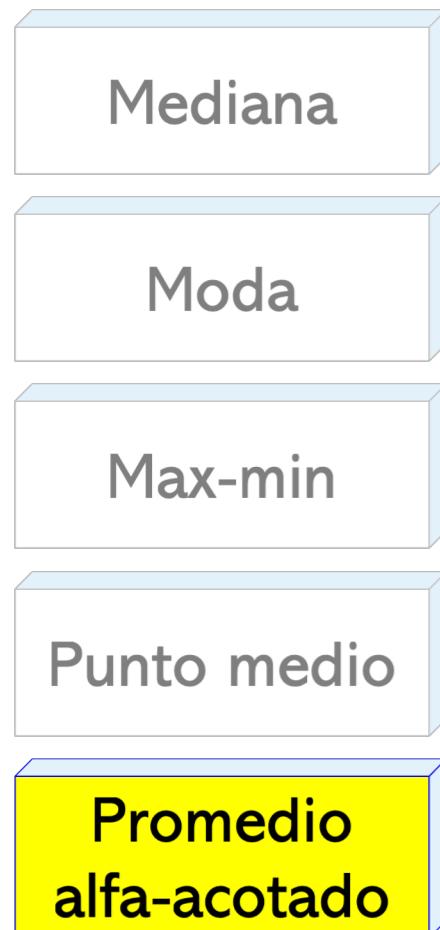
- Este filtro se comporta como un híbrido entre la media y la mediana eliminando aquellos valores de la ventana que se escapan de la muestra.

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



Ejemplo en <http://www.librow.com/articles/article-7>

▶ Filtros de orden estadísticos (alfa-acotado)



- Este filtro se comporta como un híbrido entre la media y la mediana eliminando aquellos valores de la ventana que se escapan de la muestra.

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

- Ventajas:
 - Reduce en gran parte el ruido impulsional (sal y pimienta).
 - Reduce el ruido gaussiano.
 - Tiene un buen rendimiento ante combinaciones de ruido.
- Desventajas
 - Costoso en tiempo de cálculo.
 - No preserva los nitidez en los bordes.

▶ Filtros de orden estadísticos (alfa-acotado)

Mediana

Moda

Max-min

Punto medio

Promedio
alfa-acotado

- Este filtro se comporta como un híbrido entre la media y la mediana eliminando aquellos valores de la ventana que se escapan de la muestra.

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



▶ Filtros de orden estadísticos (alfa-acotado)

Mediana

Moda

Max-min

Punto medio

Promedio
alfa-acotado

- Este filtro se comporta como un híbrido entre la media y la mediana eliminando aquellos valores de la ventana que se escapan de la muestra.

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

