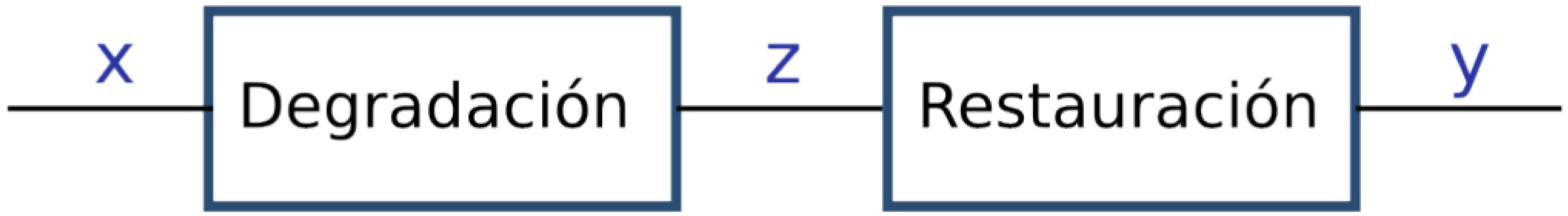
Restauración

Definición del problema

- La imagen captada z es una versión degradada de la imagen x
- Objetivo: estimar x lo mejor posible.

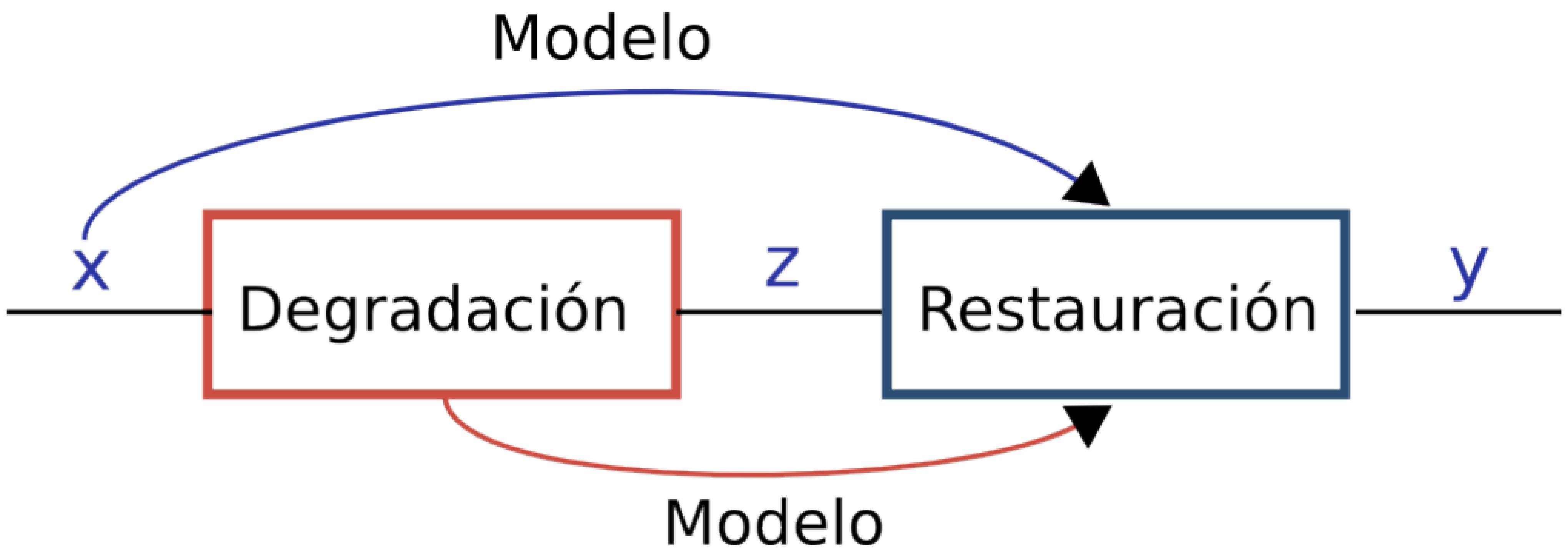


Restauración vs. Mejoramiento

- Mejoramiento
  - Resaltar aspectos de la imagen observada a los efectos de facilitar su visualización
  - No se busca fidelidad respecto a datos originales.
- Restauración
  - Recuperar la imagen original a partir de la versión degradada que se observa
  - Se utiliza información a priori del proceso de degradación y de propiedades conocidas de la imagen original.
  - Se busca máxima fidelidad respecto a datos “verdaderos”.

Información útil para la restauración

- Es fundamental aprovechar todo el conocimiento a priori disponible para obtener un buen resultado.
  - Modelo de degradación
  - Modelo de la imagen no degradada.



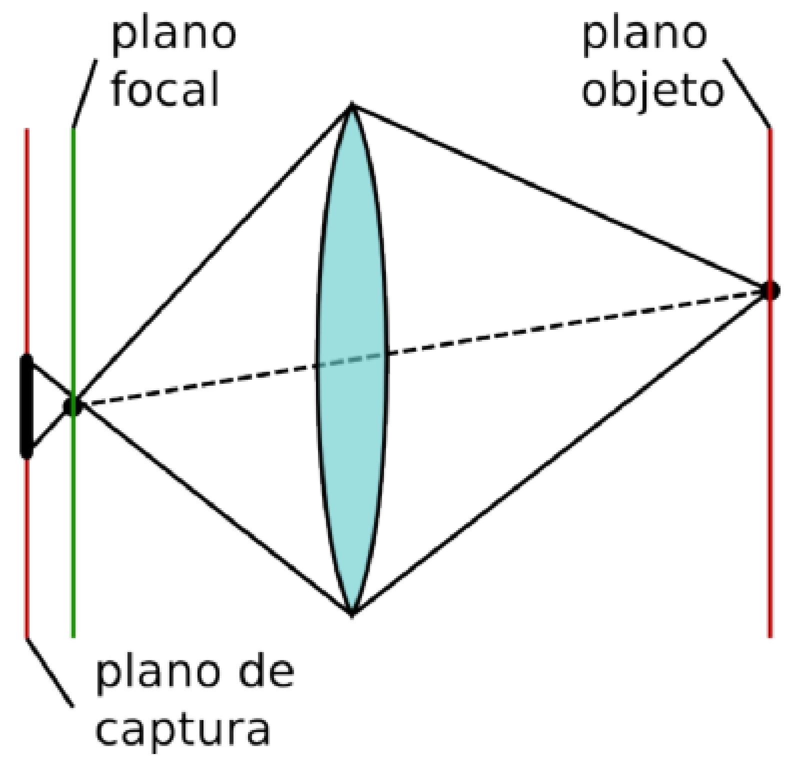
Modelos de degradación

- Modelo físico del proceso de captura
- Estructura
- Propiedades estadísticas
- Ejemplos: desenfoque, borroneo por movimiento (motion blur), ruido térmico.

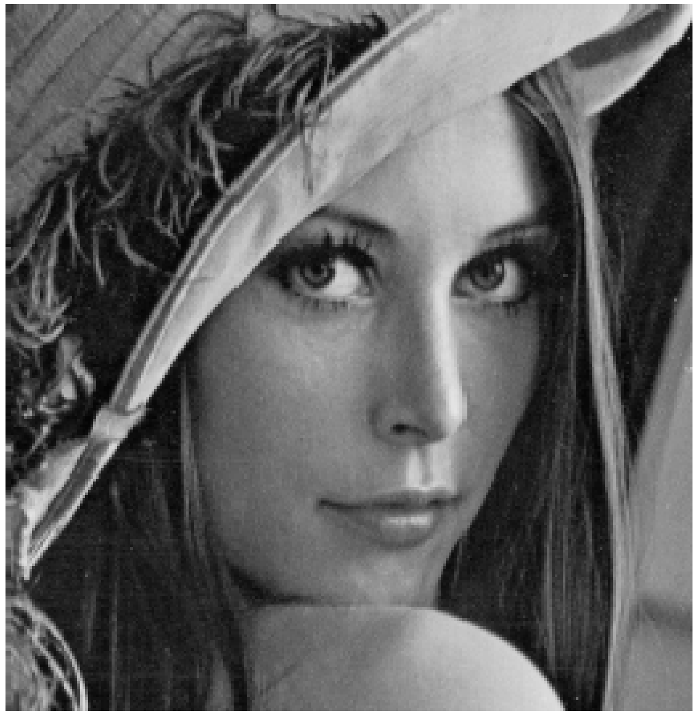
Desenfoque


HERRADURA
AÑEJO
100% AGAVE
TEQUILA
TEQUILERO
HECHO EN MEXICO
TEQUILA HERRADURA, S.A. DE C.V.
NOM-1119-I
ELABORADO Y ENVASADO BAJO LA
VIGILANCIA DEL GOBIERNO MEXICANO
40° G.L. Contenido Neto 750 ml


HERRADURA
100% AGAVE
TEQUILERO


plano
focal
plano
objeto
plano de
captura

Borroneo por movimiento lineal



$$g(x,y)=\int_0^T f(x-x_o(t)),y-y_o(t))dt$$

Ruido

$$y_{i,j} = x_{i,j} + n_{i,j},\ n_{i,j} \sim \mathcal{N}(0, \sigma^2)$$

Ruido

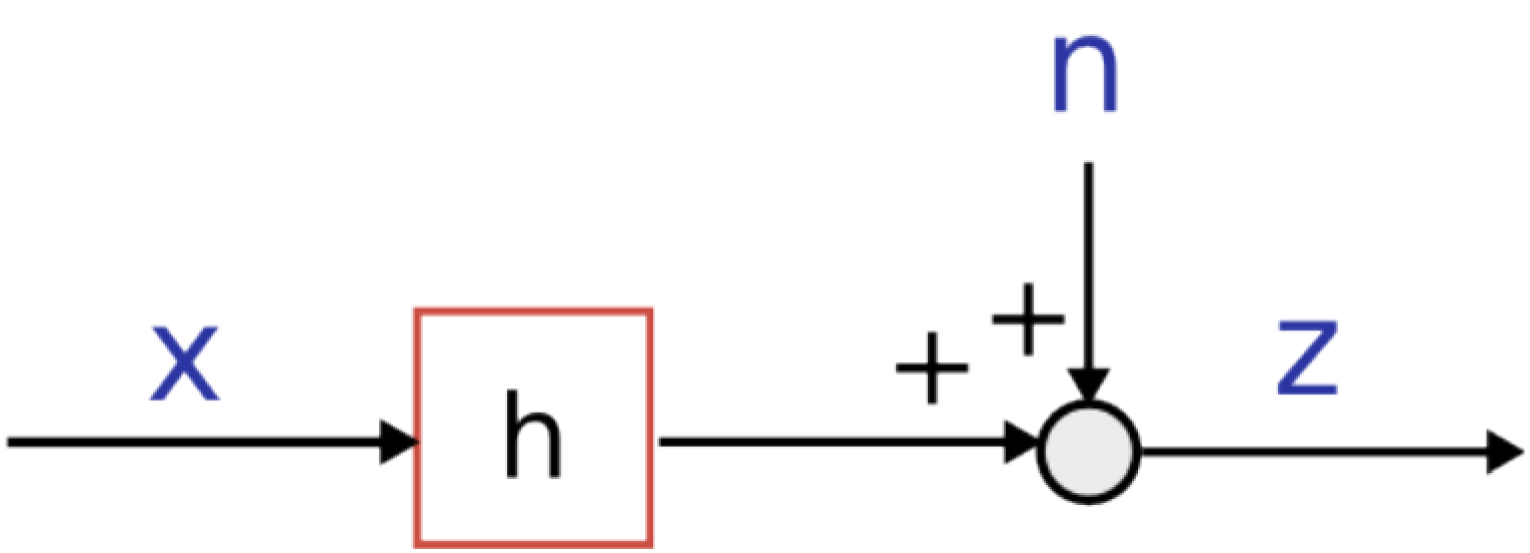
- Independiente de la señal
  - Aditivo
  - Multiplicativo
- Dependiente de la señal

- Ej. Ruido electrónico, ruido de cuantización, speckle.

Modelo combinado lineal

- borroneo: degradación lineal e invariante en el espacio
  - función de transferencia invariante en el espacio, h, también llamada PSF (Point Spread Function).
  - Respuesta frecuencial H(u, v)=F[h] se la suele llamar MTF (Modulation Transfer Function)
- ruido: aditivo, usualmente i.i.d. y de media nula.

$$\mathbf{z} = \mathbf{h} * \mathbf{x} + \mathbf{n}$$



Modelos de imagen

- Modelo físico del proceso de captura
- Estructura
- Propiedades estadísticas
- Ejemplos: regiones uniformes, bordes, texturas regulares, patrones repetidos.

Características a tener en cuenta de la imagen

Bordes

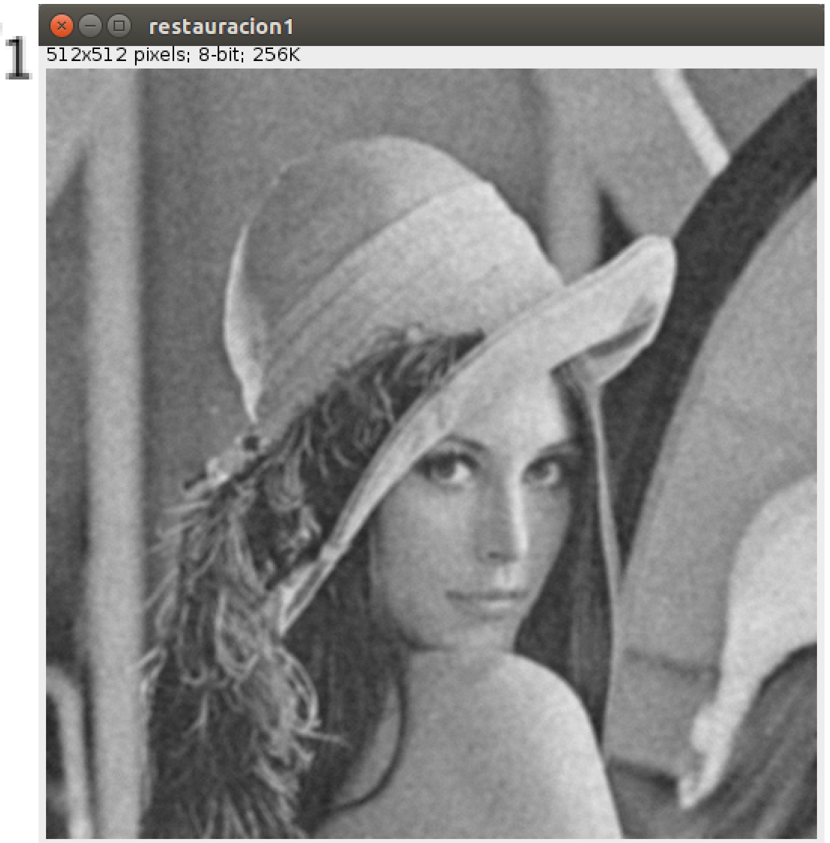
Variaciones suaves de luminosidad

Textura

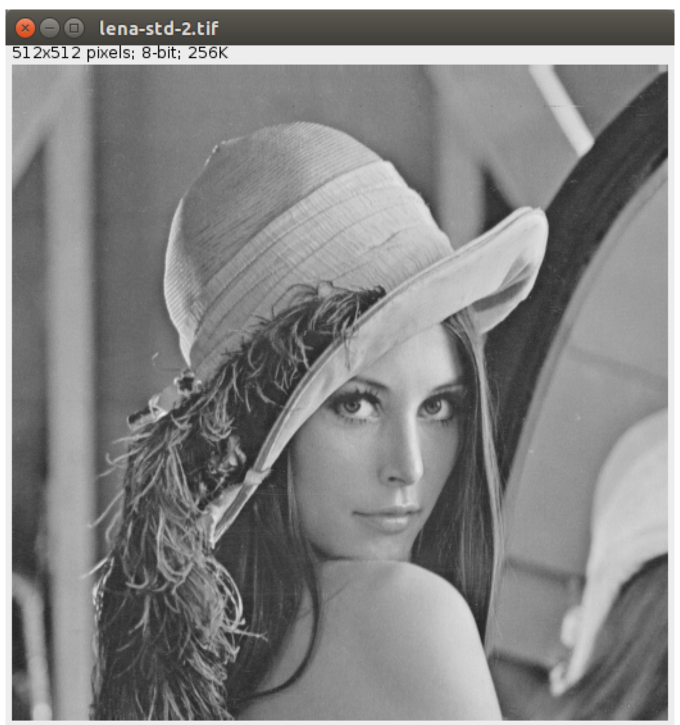
Patrones que se repiten

¿Cuál restauración es mejor?

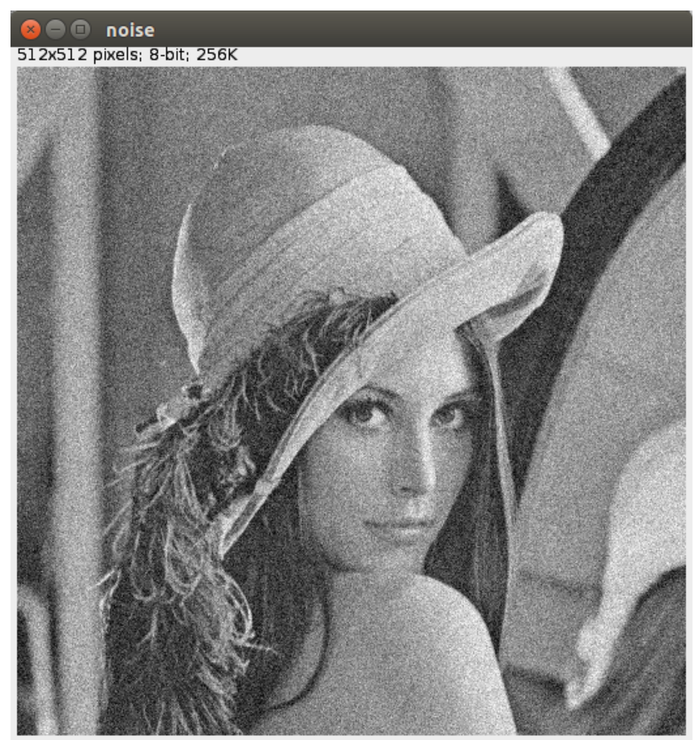
y_1

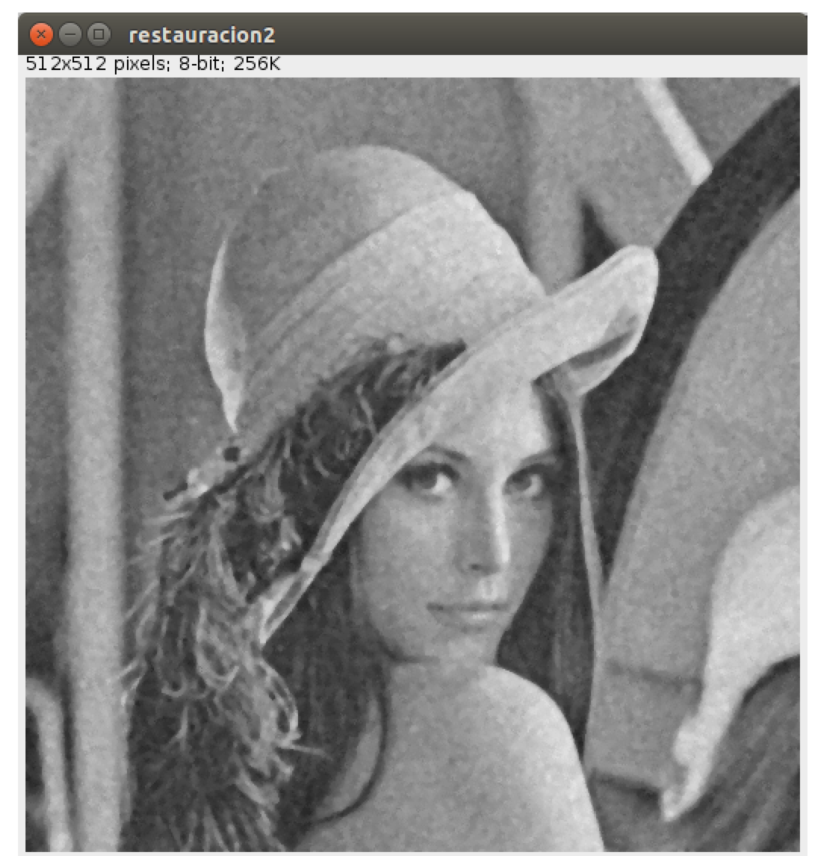


x



z

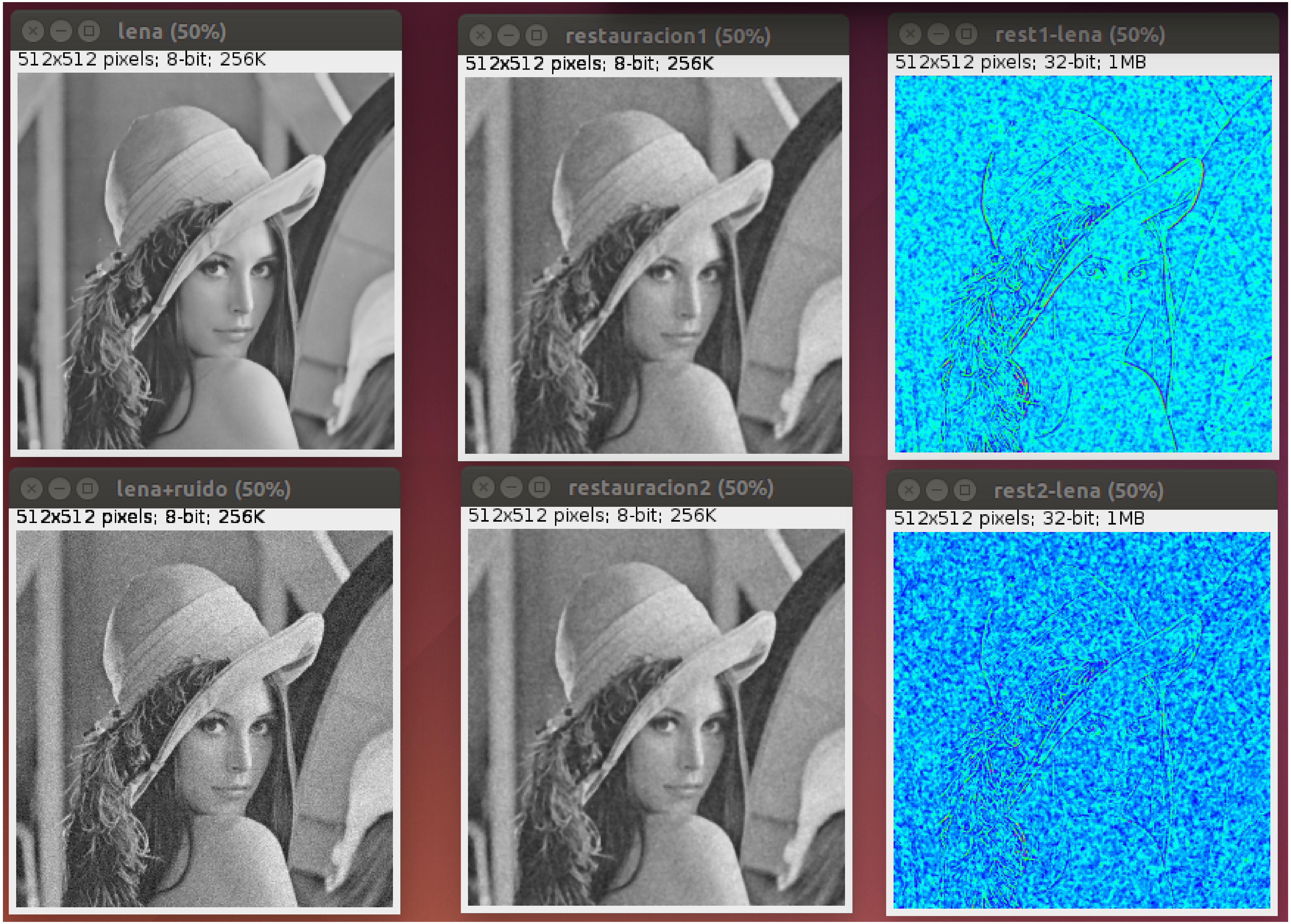




y_2

Medidas de desempeño de la restauración

- Subjetivas
  - Calidad percibida subjetivamente.
  - Inteligibilidad del resultado.
  - Aspecto agradable.
- Objetivas (clásicas)
  - Error cuadrático medio MSE, NMSE
  - Relación señal a ruido: SNR,PSNR
  - Fáciles de medir y de formular matemáticamente.
  - Marco de referencia común.
  - No necesariamente se condicen con las subjetivas.


lena (50%)
512x512 pixels; 8-bit; 256K
restauracion1 (50%)
512x512 pixels; 8-bit; 256K
rest1-lena (50%)
512x512 pixels; 32-bit; 1MB
lena+ruido (50%)
512x512 pixels; 8-bit; 256K
restauracion2 (50%)
512x512 pixels; 8-bit; 256K
rest2-lena (50%)
512x512 pixels; 32-bit; 1MB

Medidas de desempeño

- Si x es la imagen ideal a recuperar, y z es su versión degradada, ambas de dimensiones M×N y cuyos pixels toman valores en el rango [0, M − 1], las siguientes son medidas empíricas de desempeño:

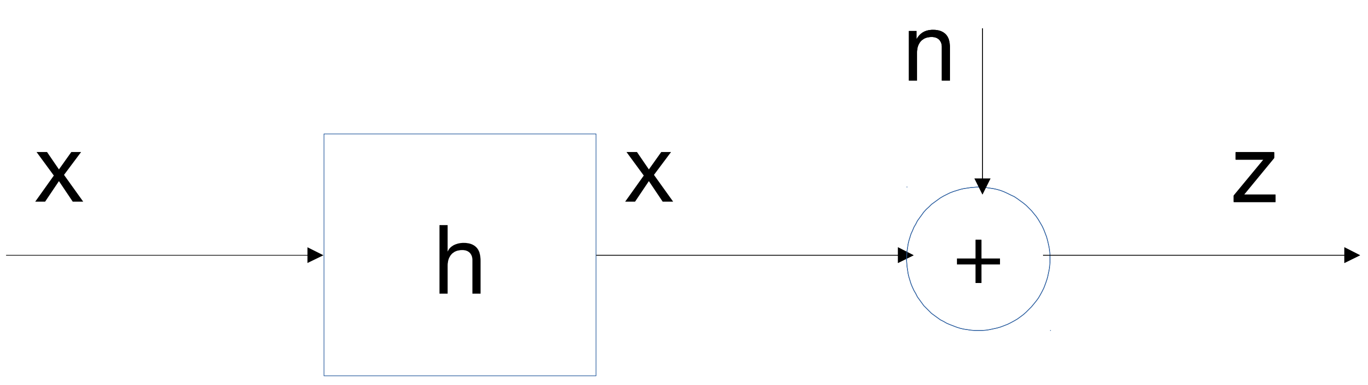
$$\mathrm{MSE}\left(\mathbf{x},\mathbf{z}\right) = \frac{1}{MN-1}\sum\left[z_{i,j}-x_{i,j}\right]^2$$

$$\mathrm{SNR}\left(\mathbf{x},\mathbf{z}\right) = 10\log_{10}\left\{\frac{\sum x_{i,j}^2}{\sum\left[z_{i,j}-x_{i,j}\right]^2}\right\}$$

$$\mathrm{PSNR}\left(\mathbf{x},\mathbf{z}\right) = 10\log_{10}\left\{\frac{(M-1)^2}{\mathrm{MSE}\left(\mathbf{x},\mathbf{z}\right)}\right\}$$

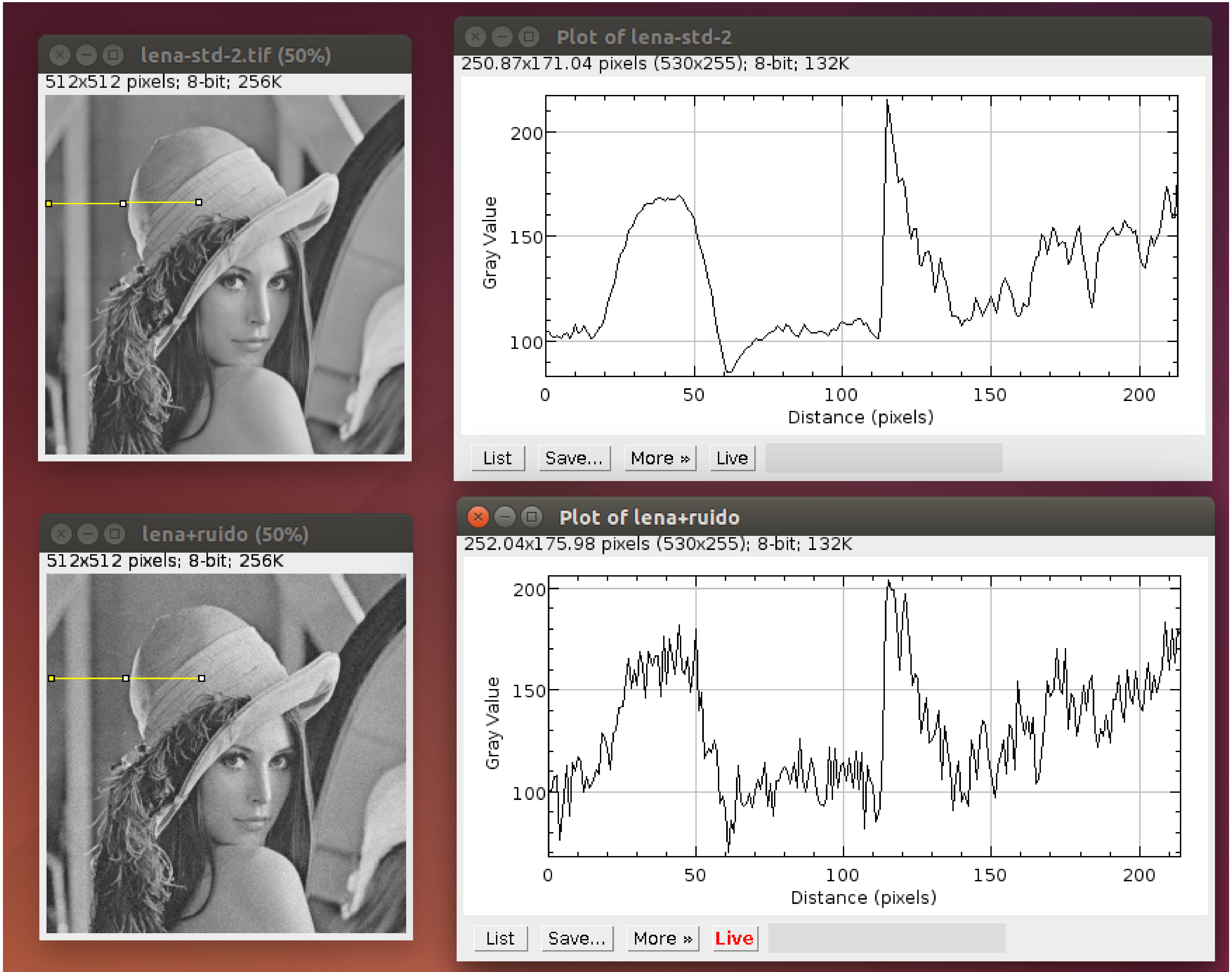
Ruido

- Suponemos que del modelo general sólo tenemos ruido aditivo independiente de la señal



Ruido aditivo

- En muchos caso se modela el ruido aditivo como gaussiano e independiente de la imagen original
- Suposiciones usuales sobre el ruido
  - Sin memoria (i.i.d.)
  - Media nula
  - Independiente de la imagen
- Técnicas de restauración
  - Filtros lineales
  - Filtros adaptivos
  - Otros: NLM, Wavelets


lena-std-2.tif (50%)
512x512 pixels; 8-bit; 256K
Plot of lena-std-2
250.87x171.04 pixels (530x255); 8-bit; 132K
Gray Value
Distance (pixels)
0
50
100
150
200
List
Save...
More »
Live
lena+ruido (50%)
512x512 pixels; 8-bit; 256K
Plot of lena+ruido
252.04x175.98 pixels (530x255); 8-bit; 132K
Gray Value
Distance (pixels)
List
Save...
More »
Live

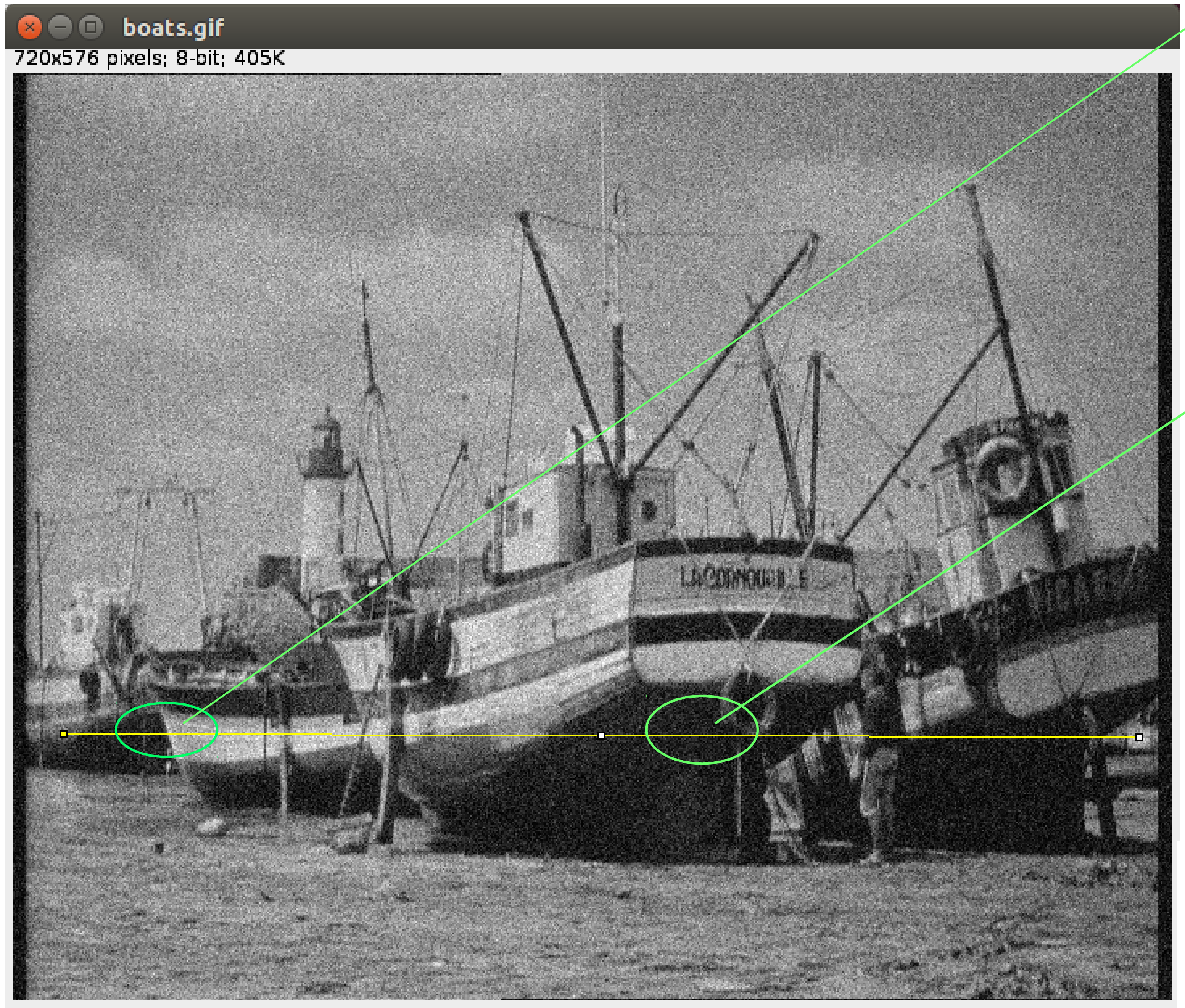
Restauración de ruido aditivo

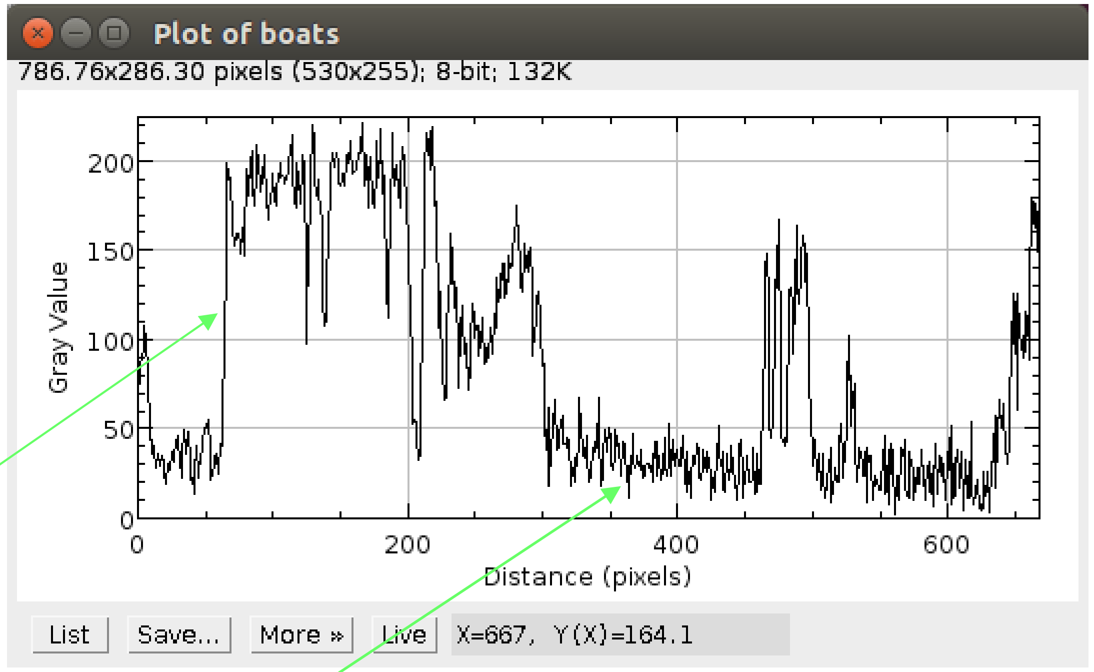
- Filtro de media
  - Los pixeles cercanos son similares mientras que el ruido varía en forma aleatoria. Al promediar, el ruido se reduce respecto a la señal.
- Filtro de media adaptivo
  - Se requiere conocer la varianza del ruido
  - Sólo se promedia si la relación señal-ruido es baja.

$$y_{i,j} = \mu_{i,j} + \frac{{\sigma^2}_{i,j} - \sigma_n^2}{{\sigma^2}_{i,j}} \left(z_{i,j} - \mu_{i,j}\right)$$

- Non Local Means
  - Explotar el hecho que hay patrones repetidos en la imagen
  - Promediar patrones repetidos
  - http://www.ipol.im/pub/art/2011/bcm_nlm/

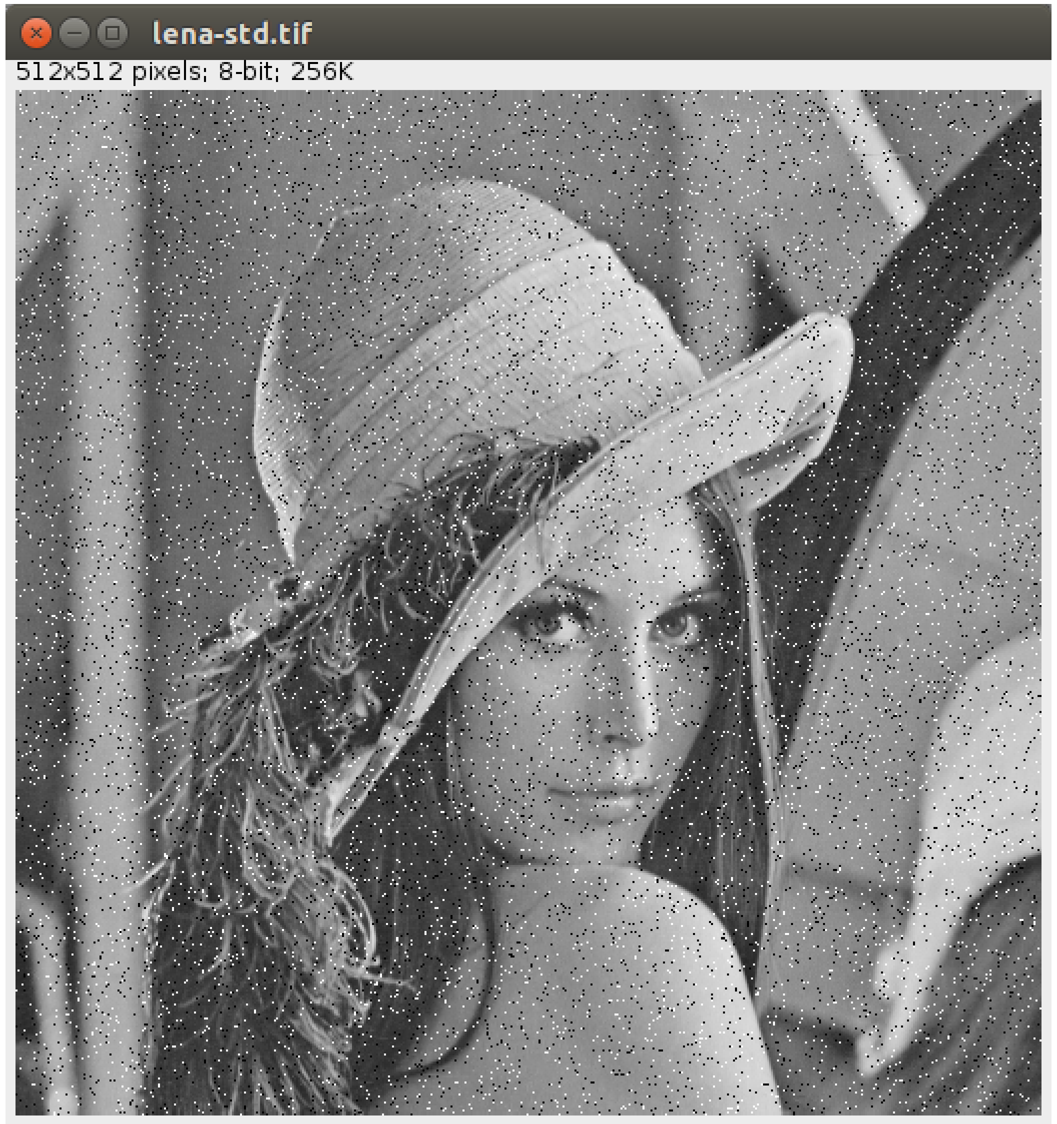
Filtrado adaptivo

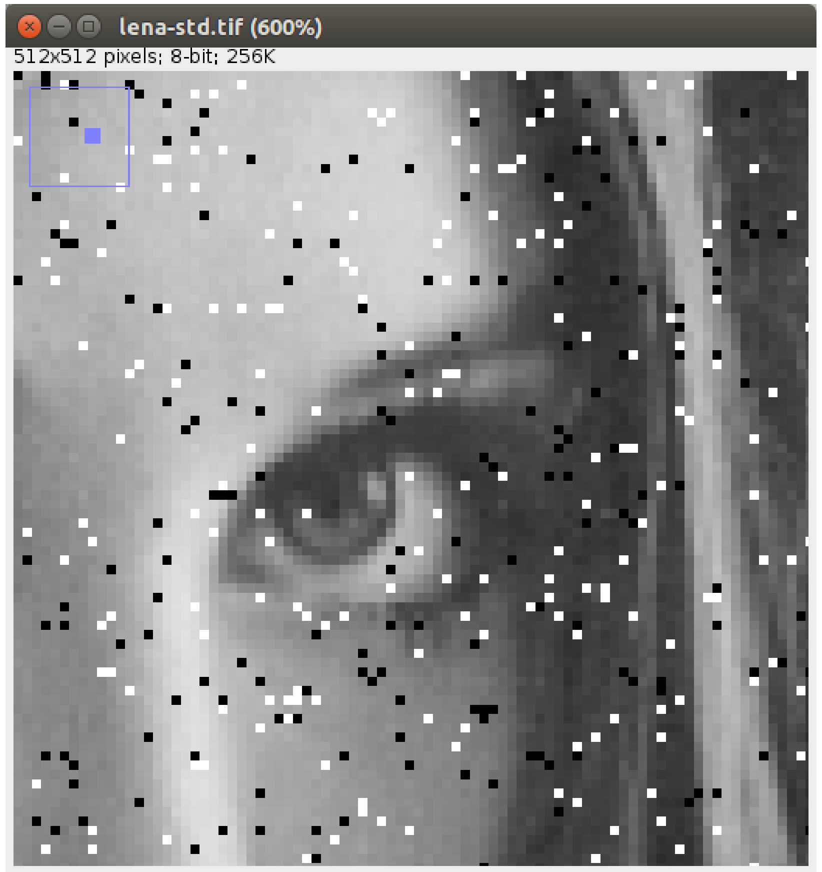


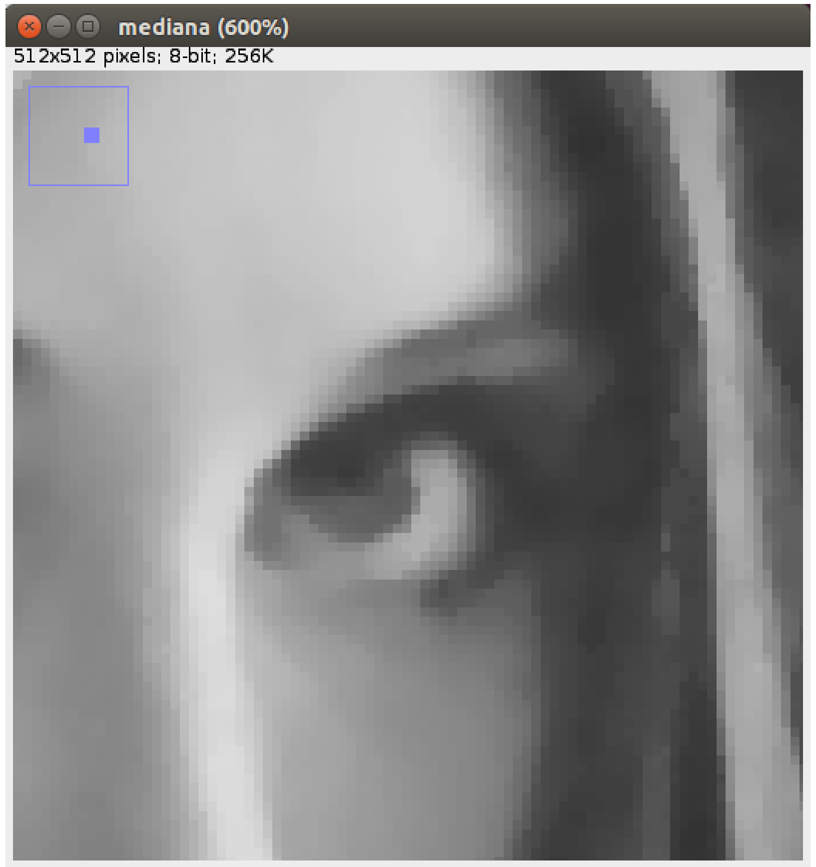


$$y_{i,j} = \mu_{i,j} + \frac{{\sigma^2}_{i,j} - \sigma_n^2}{{\sigma^2}_{i,j}} \left(z_{i,j} - \mu_{i,j}\right)$$

Non local means


lena-std.tif
512x512 pixels; 8-bit; 256K


lena-std.tif (600%)
512x512 pixels; 8-bit; 256K

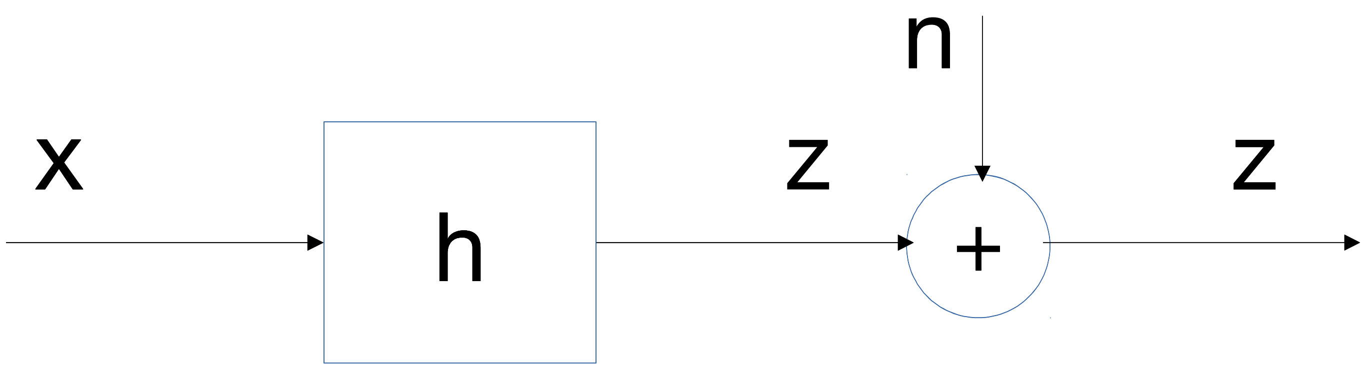

mediana (600%)
512x512 pixels; 8-bit; 256K

Eliminación de ruido impulsivo

- Filtro de mediana
- Mediana selectiva
  - Sólo se modifican pixels detectados como ruidosos.
- Fiji
  - Process → Filter → Median …
  - Process → Noise → Despeckle

Borroneo (blur)

- Suponemos que del modelo general de degradación sólo tenemos el blur



Borroneo (blur)

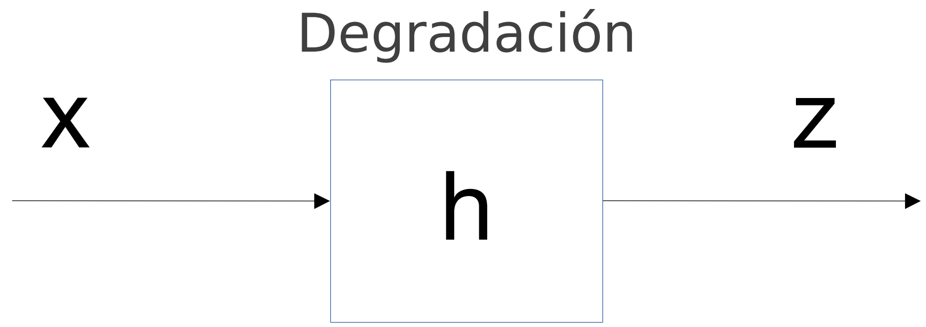
- Modelo
  - $z = h * x$
  - h es conocido
  - La imagen original x esta convolucionada por el núcleo de convolución h
- Técnicas
  - Se busca deshacer el proceso de degradación (realizar la deconvolución)
  - Se busca obtener un filtro g que aplicado a z me permita recuperar algo lo más parecido a x posible
  - Filtrado inverso, pseudoinverso, filtro de Wiener

Teorema de convolución

- Propiedad importante de la transformada de Fourier
  - A una operación de convolución en el espacio le corresponde una multiplicación puntual en frecuencia

$$
\begin{array}{rcccccc}
\text{Image space:} & g(u,v) & * & h(u,v) & = & g'(u,v) \\
 & \downarrow & & \downarrow & & \uparrow \\
 & \mathsf{DFT} & & \mathsf{DFT} & & \mathsf{DFT}^{-1} \\
 & \downarrow & & \downarrow & & \uparrow \\
\text{Frequency space:} & G(m,n) & \cdot & H(m,n) & \longrightarrow & G'(m,n)
\end{array}
$$

Filtrado inverso



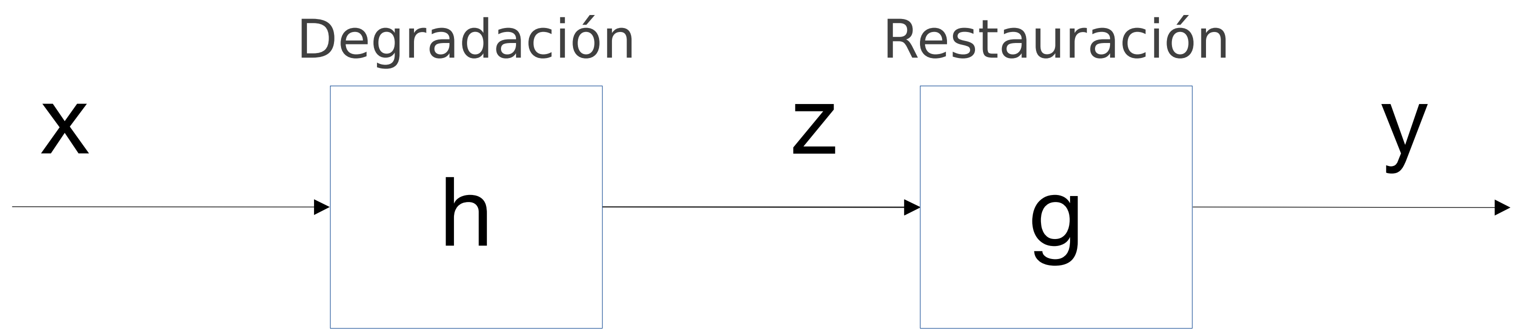
En el espacio

$$z = x * h$$

En frecuencia

$$Z = X \,.\, H$$

Filtrado inverso



En el espacio

$$y = z * g = (x * h) * g$$

En frecuencia

$$Y = Z . G = (X . H) . G$$

Queremos que **Y** sea parecido a **X**
Cómo debería ser G ?

$$G = \frac{1}{H}$$

Filtrado inverso

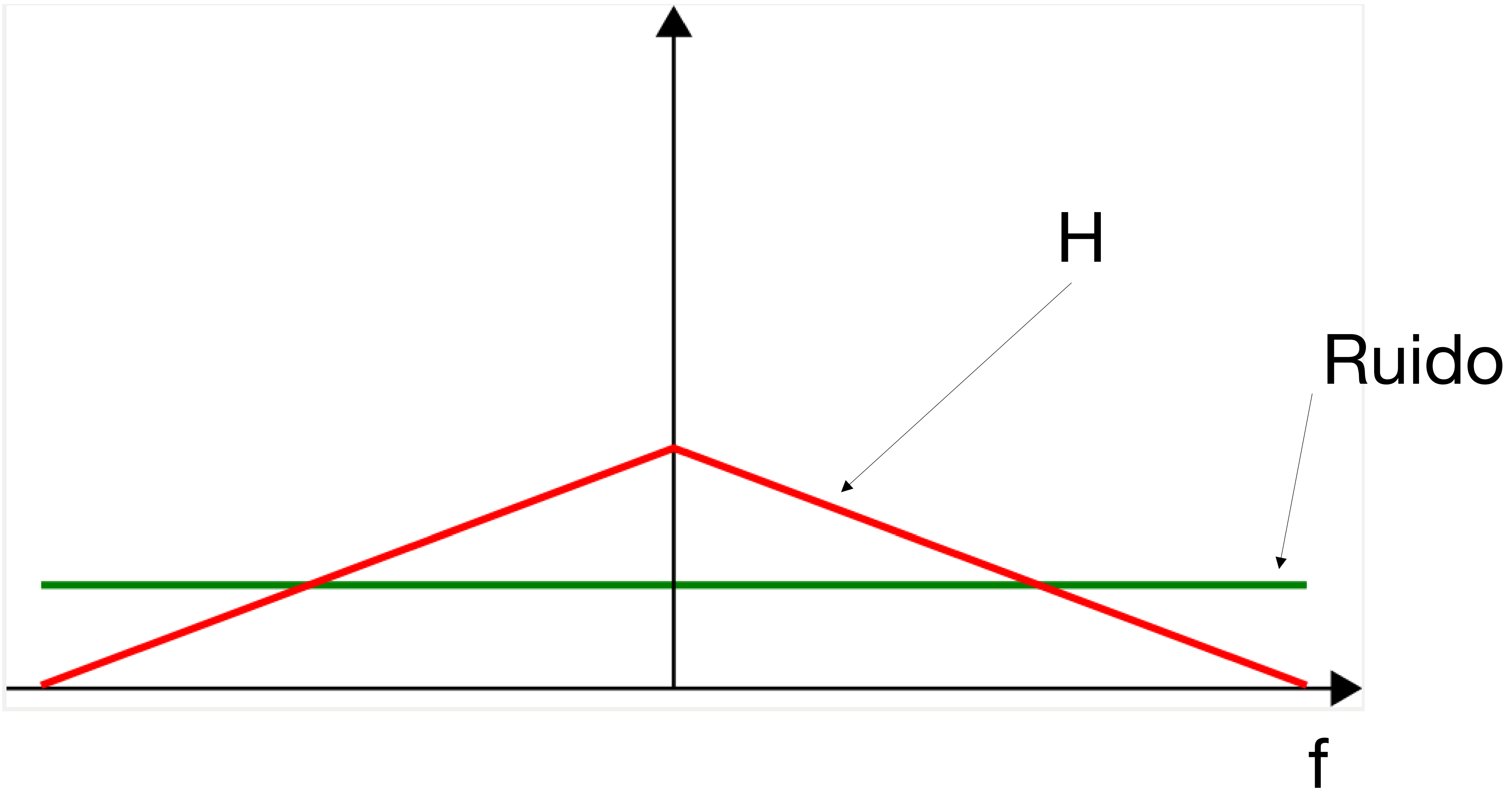
- Problemas:
  - Para las frecuencias que H es chico la inversión crece mucho
  - G no está definido para las frecuencias donde H se hace cero
  - Supusimos que no teníamos ruido pero eso no es cierto. Al invertir podemos amplificar mucho el ruido.
- En la práctica el filtrado inverso no funciona
- Alternativas
  - Filtrado “pseudo inverso”

$$G=\frac{1}{H+cte}$$

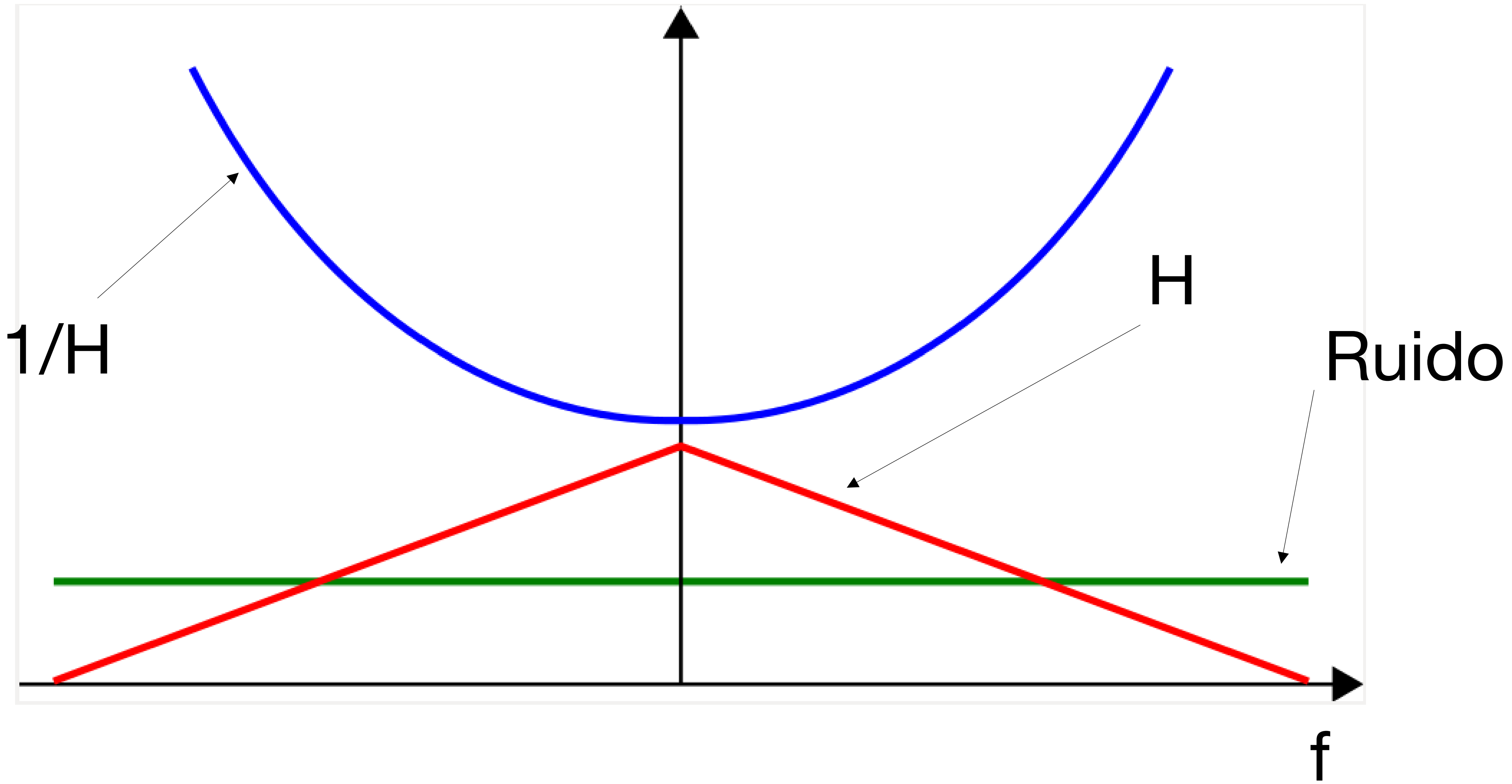
  - Filtrado de Wiener
    - Se invierte donde la relación señal/ruido es buena

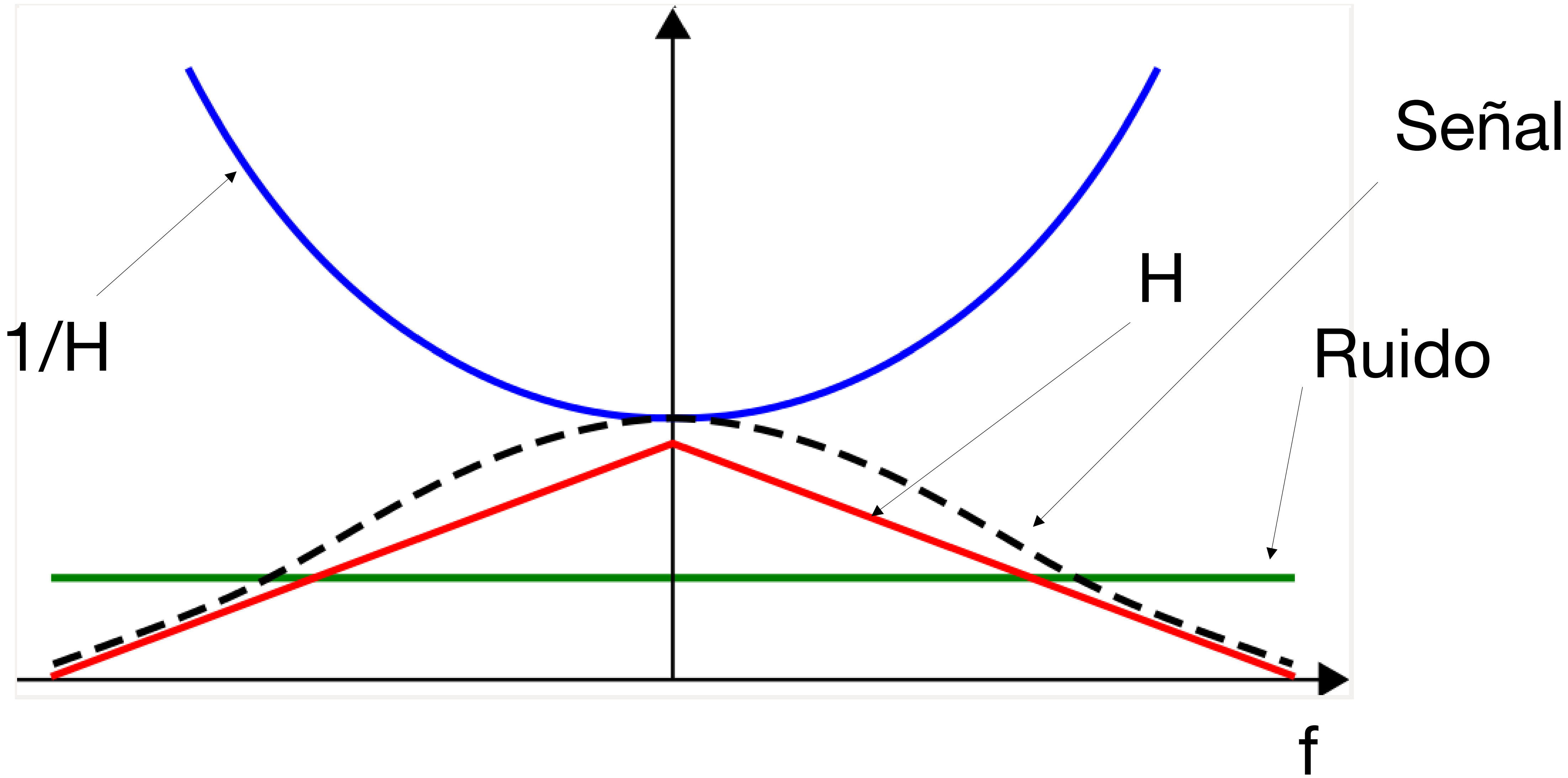
$$G=\frac{1}{H+\frac{1}{SNR}}$$

Filtrado inverso



Filtrado inverso




Señal
H
Ruido
1/H
f

Filtrado inverso

Filtrado inverso “naif”

$$G = \frac{1}{H}$$

Filtrado de Wiener

$$G = \frac{1}{H + \frac{1}{SNR}}$$