

Introducción

Procesamiento Avanzado de Imágenes

Javier Ruiz del Solar

2022

Computer Vision

Image Processing

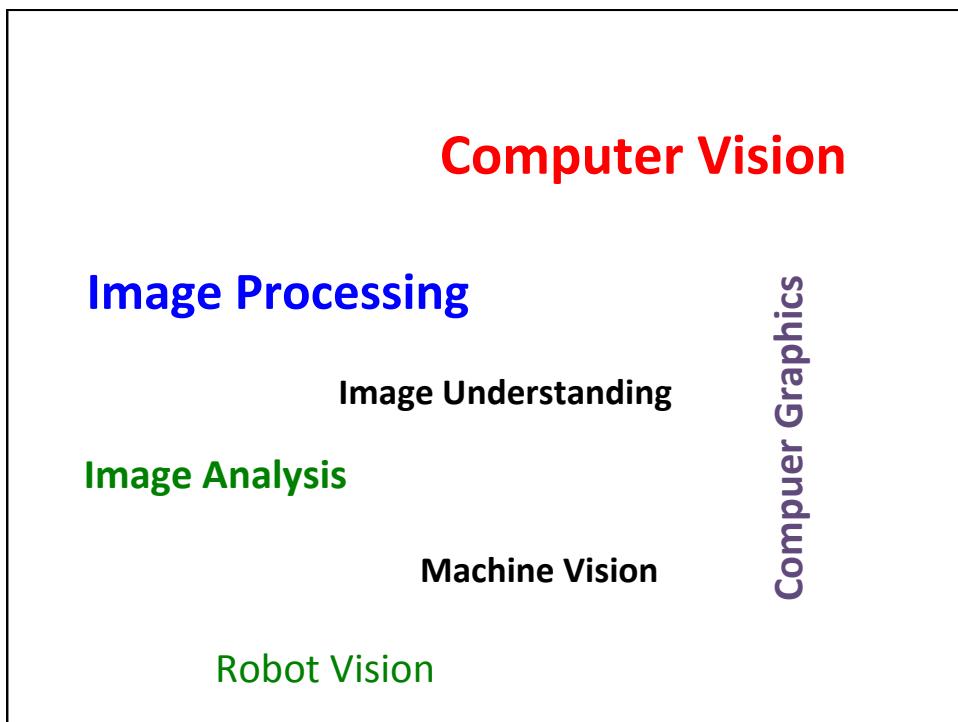
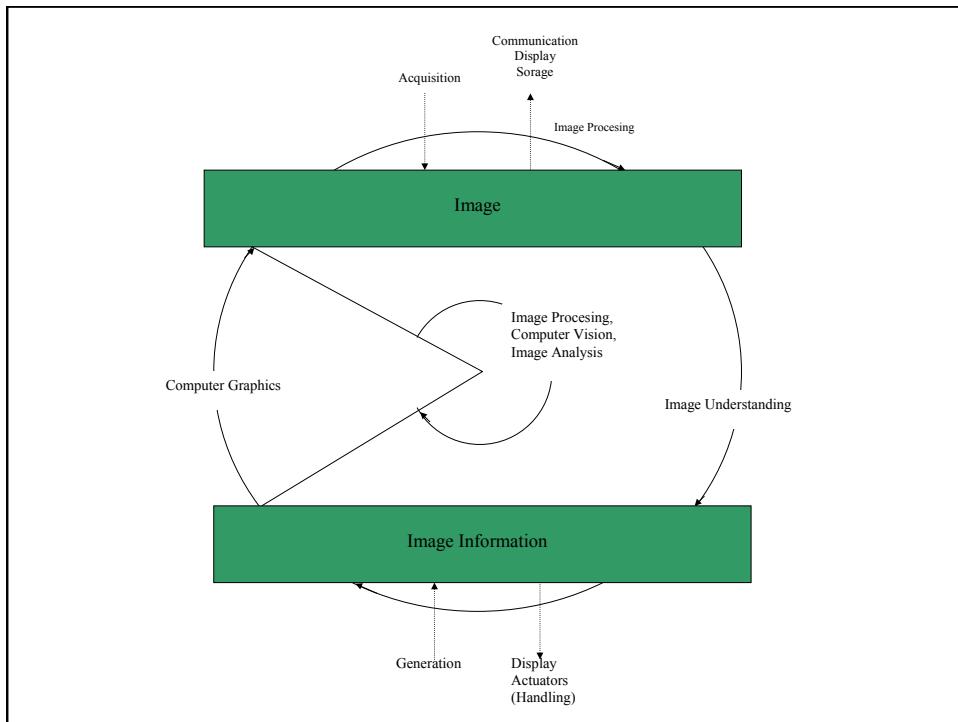
Image Understanding

Image Analysis

Machine Vision

Robot Vision

Computer Graphics



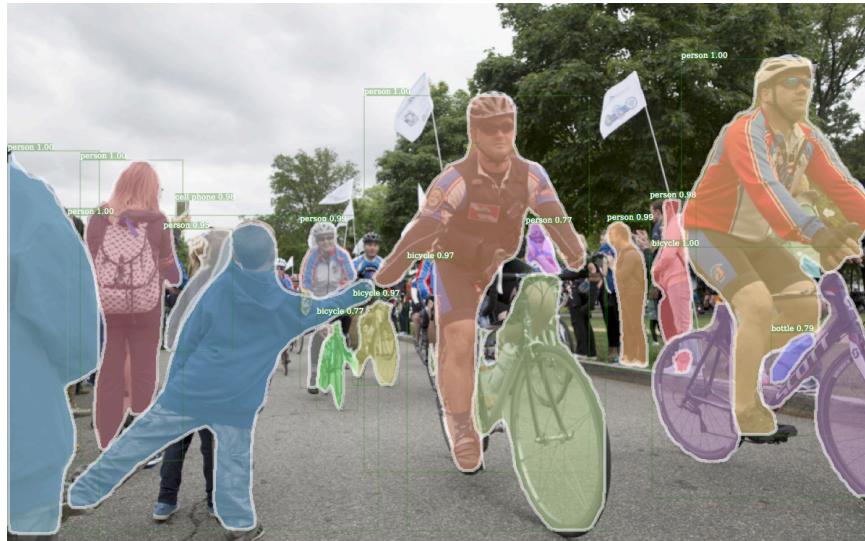
Estado del Arte



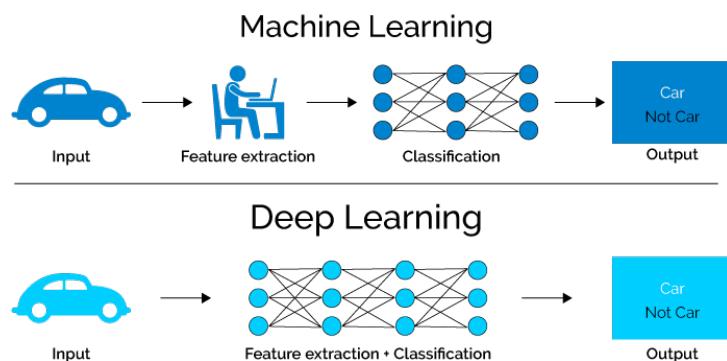
Estado del Arte



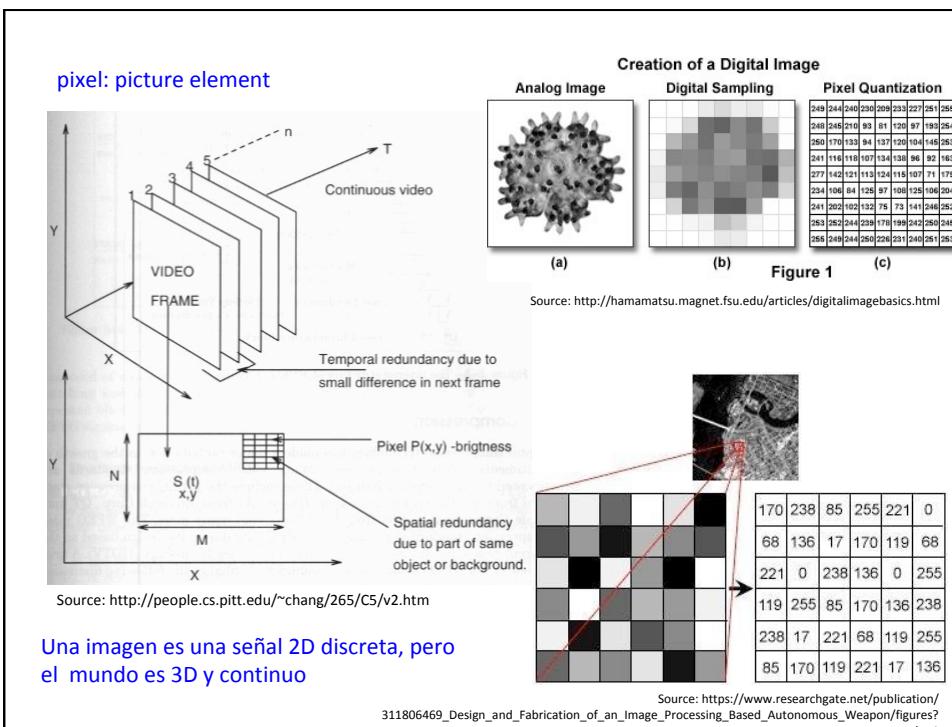
Estado del Arte

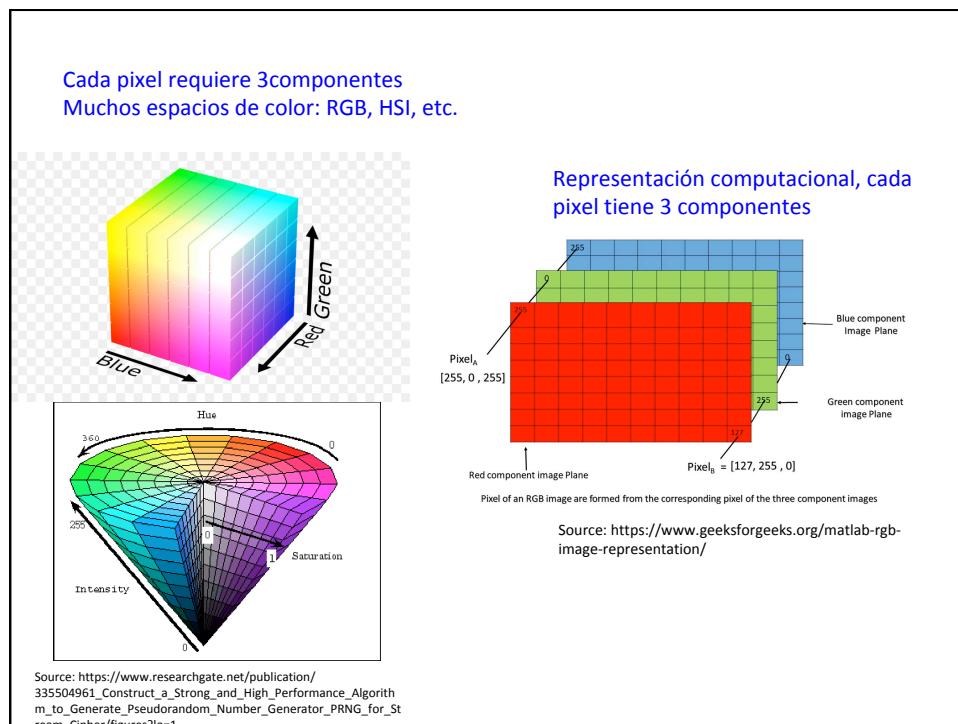
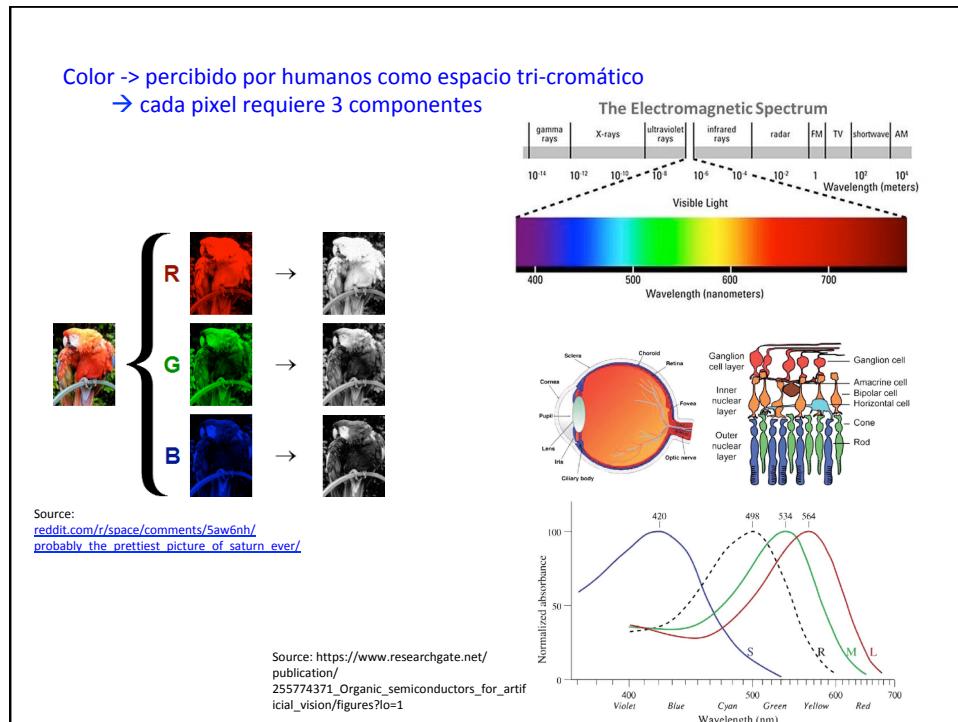


Paradigmas



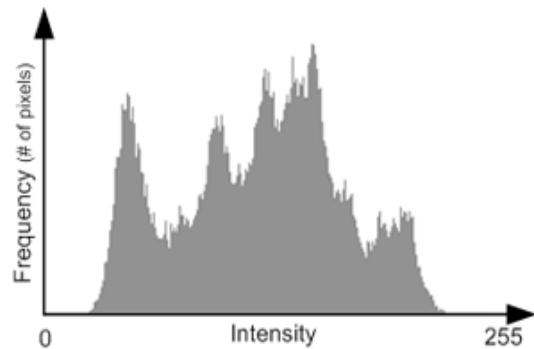
Imágenes Digitales





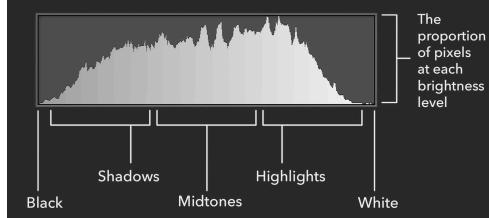
Histogramas

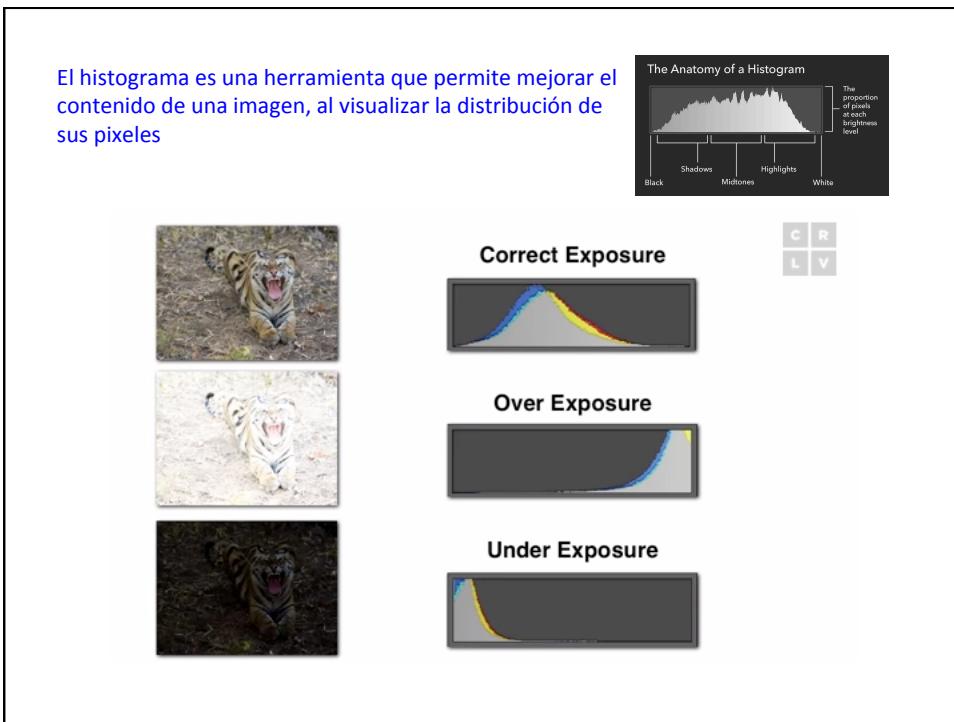
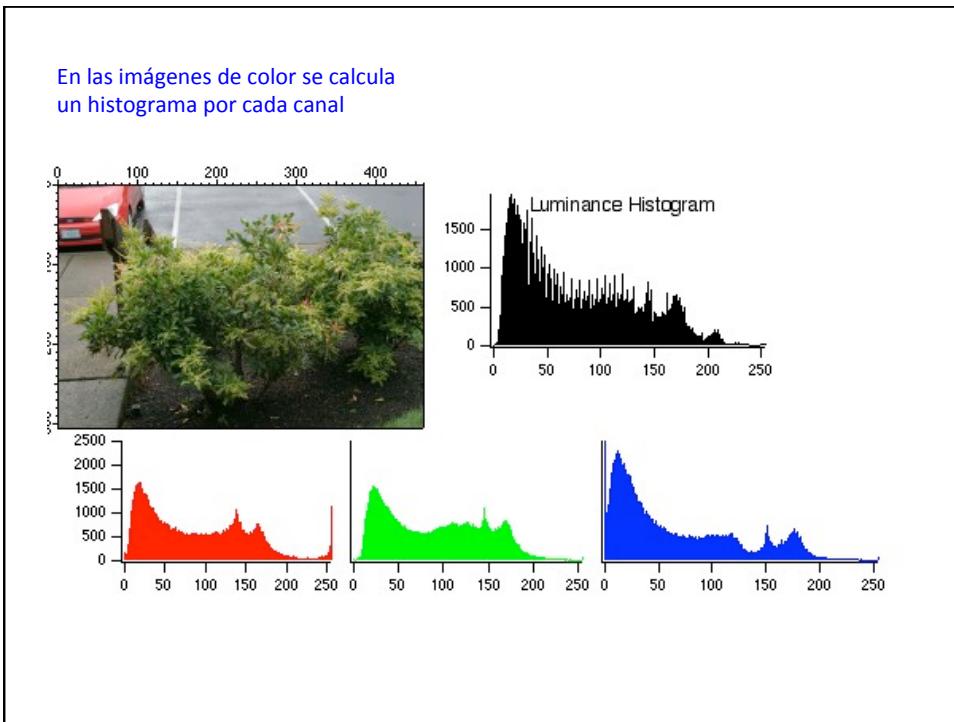
Histograma: estadística de primer orden de los pixeles de una imagen

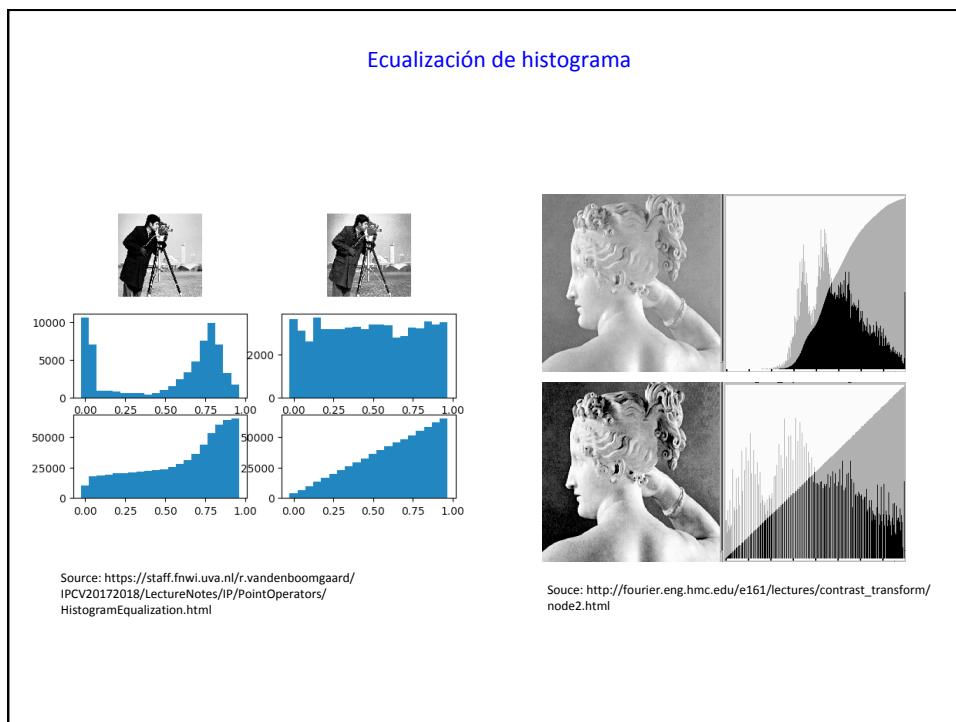
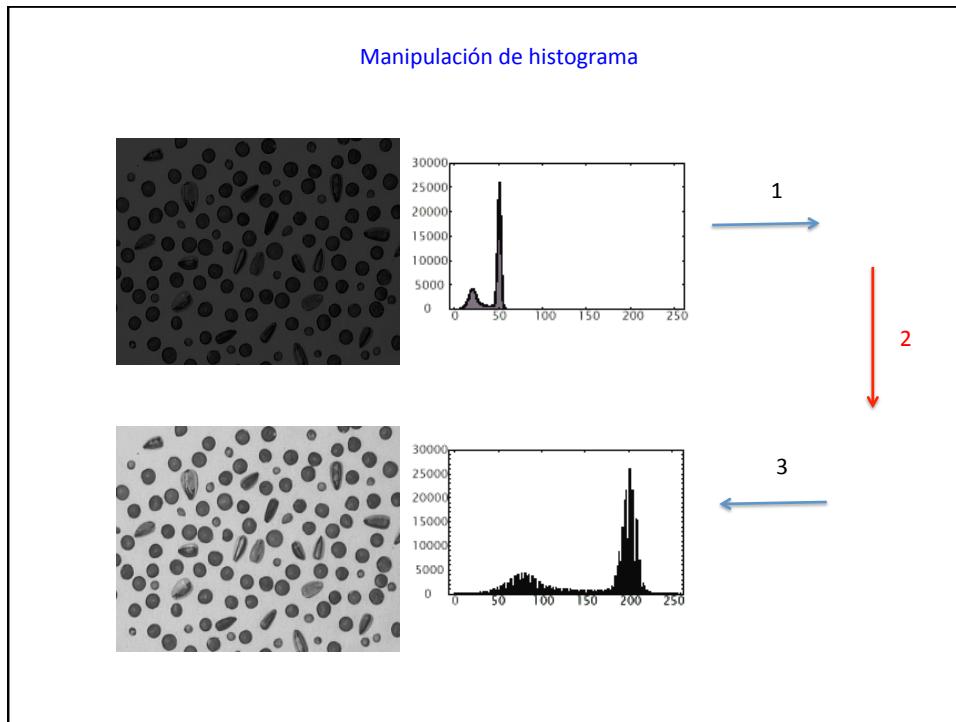


Source: <http://www.songho.ca/dsp/histogram/histogram.html>

The Anatomy of a Histogram







Ecuación de histograma

Cálculo de histograma

```
d=1.0/M/N;
for (i=0; i < 256; i++) hist[i] = 0;
for (i=0; i < M; i++)
for (j=0; j < N; j++)
hist[x[i][j]] += d;
```

Cálculo de histograma acumulado

```
sum=0.0;
for (i=0; i < 256; i++)
sum+=hist[i];
lookup[i]=sum*255+0.5;
```

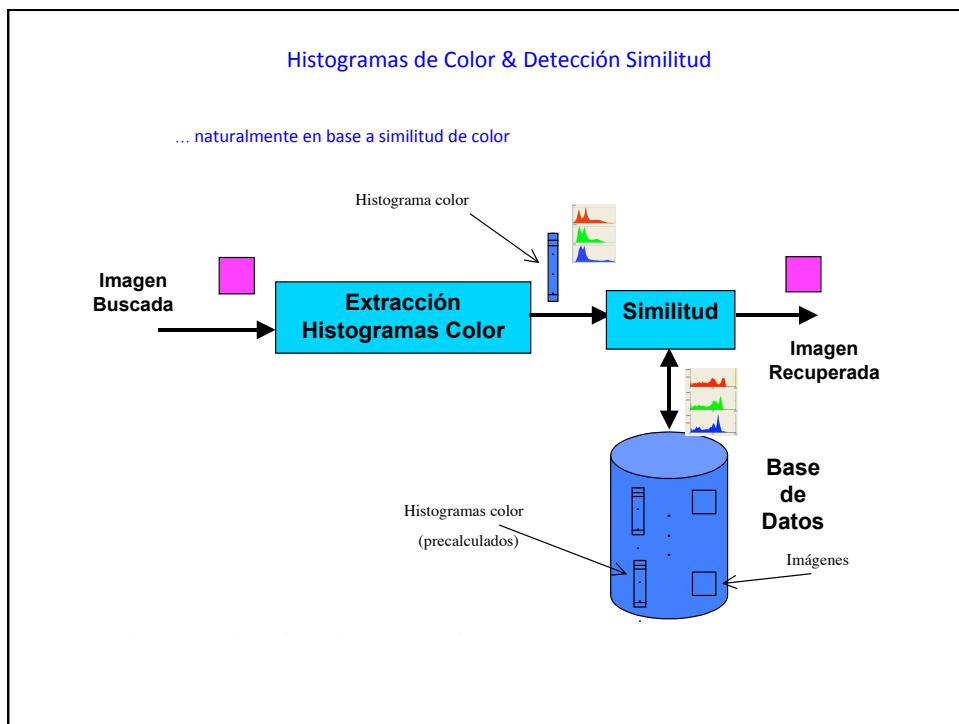
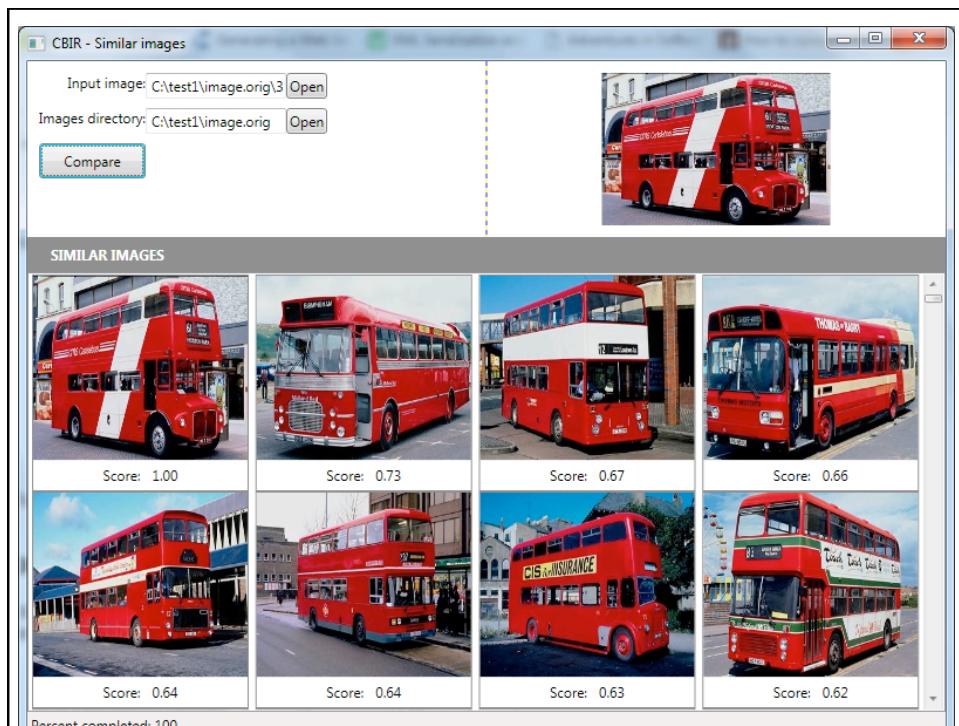
Equalización

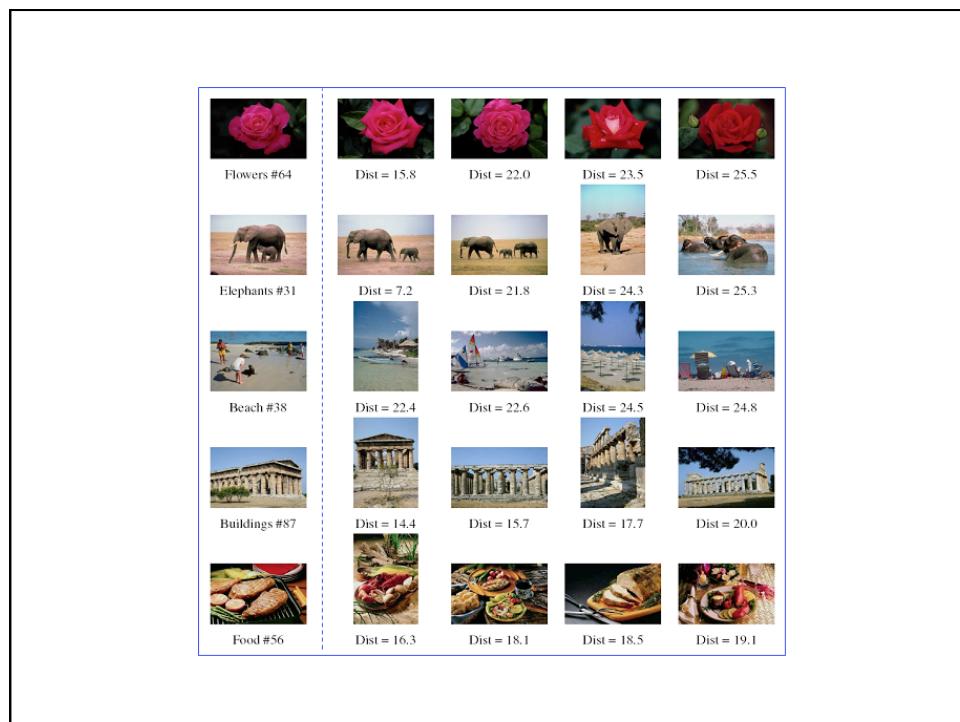
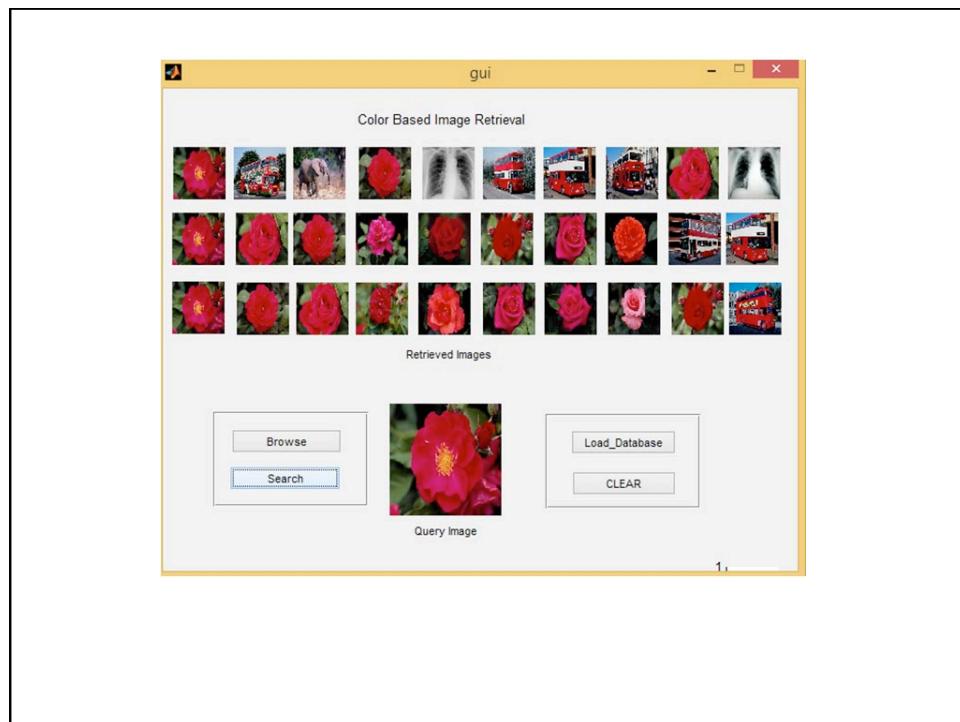
```
for (i=0; i < M; i++)
for (j=0; j < N; j++)
y[i][j]=lookup[x[i][j]];
```

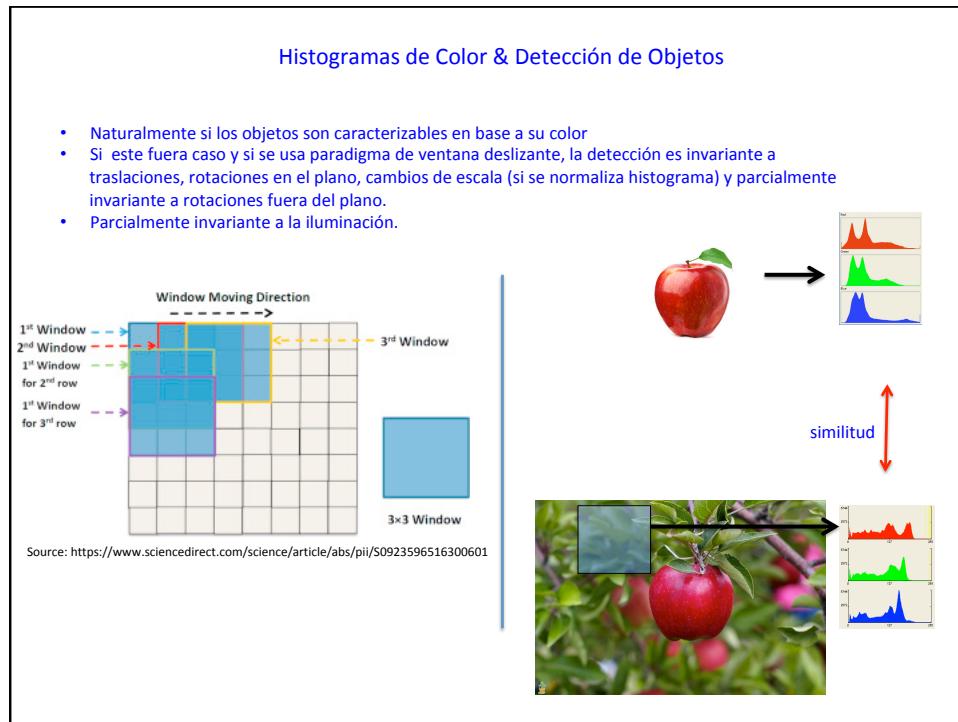
(ver documentos subidos a U-Cursos explicando algoritmo)

para c/pixel

Histogramas de Color & Detección de Similitud







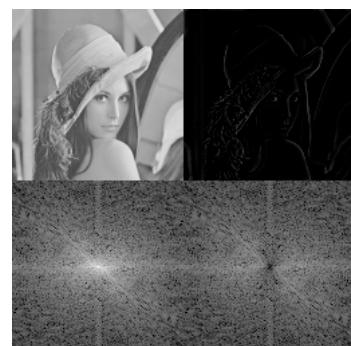
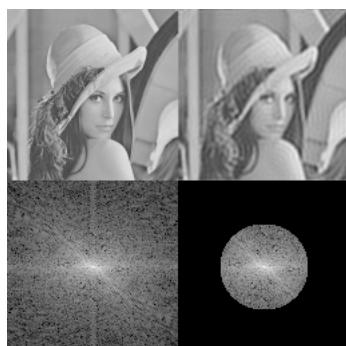
Filtrado y Convolución



filtrado pasa bajos
para eliminar ruido

filtrado pasa altos
para detección de bordes

(PD: también usado como etapa previa en detección
de bordes y en cambio de resolución de imagen)



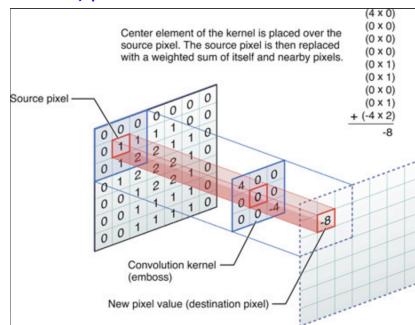
filtrado pasa bajos
para eliminar ruido

filtrado pasa altos
para detección de bordes

(PD: también usado como etapa previa en detección
de bordes y en cambio de resolución de imagen)

Source: <https://www.math.utah.edu/~gustafso/s2014/3150/pdeNotes/fourierTransform-in-image-processing-john-brayer-univ-new-mexico.html>

- Una operación de filtrado lineal es equivalente a una operación de convolución -> todo filtro que se pueda aplicar mediante convolución es lineal
- En el caso de las imágenes la función a ser filtrada es 2D y el filtro/kernel (operador de convolución) puede ser 1D o 2D.



Si filtro no lineal no hay kernel.
Se aplica ventana deslizante y
luego op. no lineal (mediana,
máximo, etc.) en pixeles bajo
ventana.

```

for each image row in input image:
    for each pixel in image row:
        set accumulator to zero
        for each kernel row in kernel:
            for each element in kernel row:
                multiply kernel value to corresponding* pixel value
                add result to accumulator
        set output image pixel to accumulator
    
```

*corresponding input image pixels are found relative to the kernel's origin.

```

// find center position of kernel (half of kernel size)
kCenterX = kCols / 2;
kCenterY = kRows / 2;

for(i=0; i < rows; ++i)           // rows
{
    for(j=0; j < cols; ++j)       // columns
    {
        for(m=0; m < kRows; ++m)   // kernel rows
        {
            mm = kRows - 1 - m;    // row index of flipped kernel

            for(n=0; n < kCols; ++n) // kernel columns
            {
                nn = kCols - 1 - n; // column index of flipped kernel

                // index of input signal, used for checking boundary
                ii = i + (m - kCenterY);
                jj = j + (n - kCenterX);

                // ignore input samples which are out of bound
                if( ii >= 0 && ii < rows && jj >= 0 && jj < cols )
                    out[i][j] += in[ii][jj] * kernel[mm][nn];
            }
        }
    }
}

```

Filtrado pasa-bajo, distintos posibles filtros.
 -> distinto tipo de filtro, distinto tamaño del kernel



No se puede mostrar la imagen. Puede que su equipo no tenga suficiente memoria para abrir la imagen o que ésta esté dañada. Reinicie el equipo y, a continuación, abra el archivo de nuevo. Si sigue apareciendo la x roja, puede que tenga que borrar la imagen e insertarla de nuevo.

$$\frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\frac{1}{25} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$



No se puede mostrar la imagen. Puede que su equipo no tenga suficiente memoria para abrir la imagen o que ésta esté dañada. Reinicie el equipo y, a continuación, abra el archivo de nuevo. Si sigue apareciendo la x roja, puede que tenga que borrar la imagen e insertarla de nuevo.

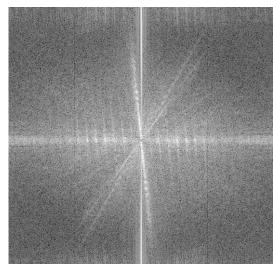


No se puede mostrar la imagen. Puede que su equipo no tenga suficiente memoria para abrir la imagen o que ésta esté dañada. Reinicie el equipo y, a continuación, abra el archivo de nuevo. Si sigue apareciendo la x roja, puede que tenga que borrar la imagen e insertarla de nuevo.

Imagen en dominio espacial



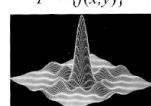
Imagen en dominiopectral



filtro/operador



$\mathcal{F}^{(2)}\{f(x,y)\}$



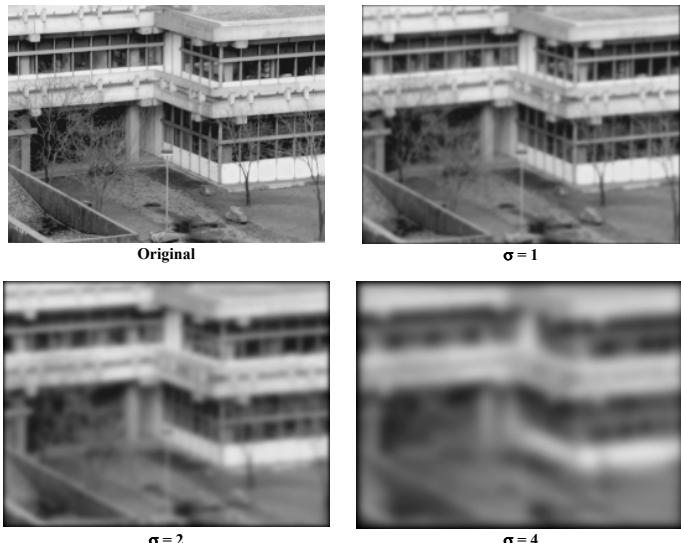
Signal $s(t)$

- cosine wave
- sinc function
- Gaussian
- double exponential

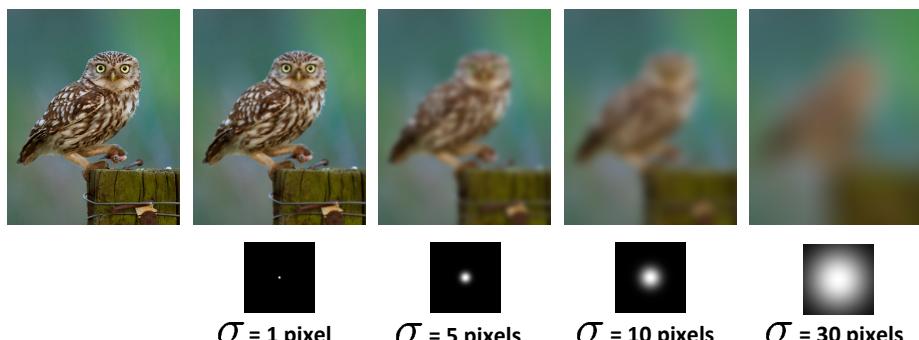
Fourier Transform $S(\omega)$

- single frequency
- uniform band of frequencies
- Gaussian
- Lorentzian

Ancho de banda del filtro depende del tamaño del kernel
-> a mayor tamaño menor ancho de banda

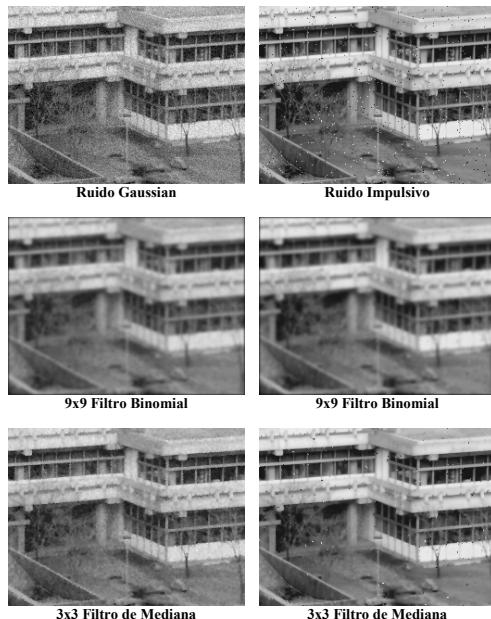


Gaussian filters



Tomado de CS6670: Computer Vision, Noah Snavely.

Filtro pasa-bajos (lineal) no necesariamente sirve para todo tipo de ruido.

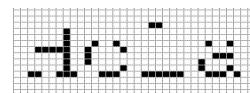


Filtrado pasa-bajo útil cuando se disminuye resolución de imágenes
-> se debe filtrar pasa-bajos antes de disminuir resolución de las imágenes

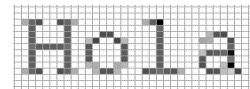
Sólo submuestreo

Imagen original

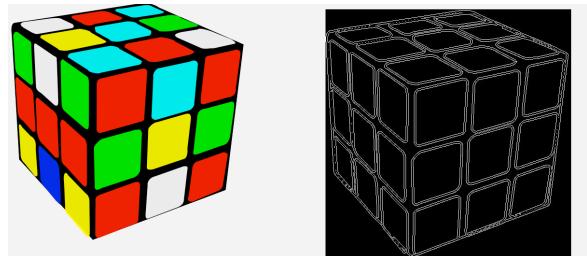
Hola



Filtrado + submuestreo

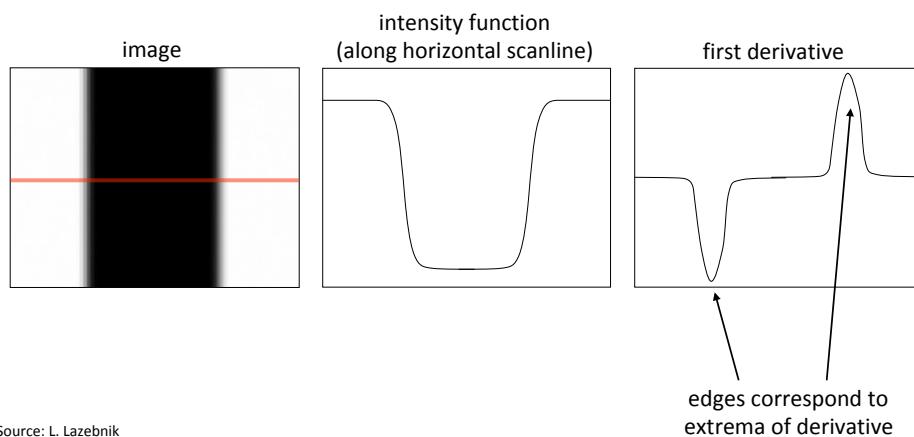


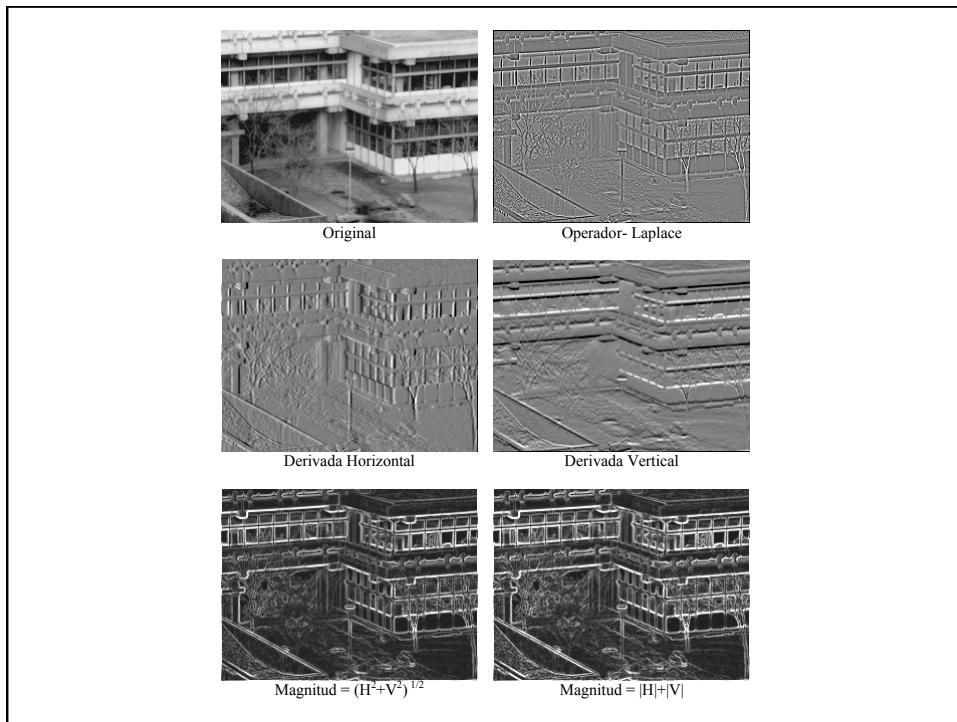
Detección Robusta de Bordes



Characterizing edges

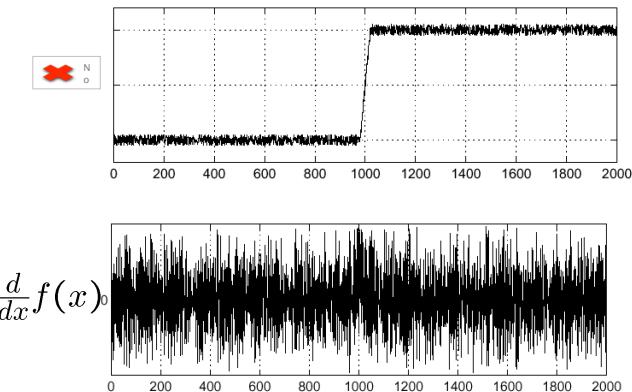
- An edge is a place of rapid change in the image intensity function





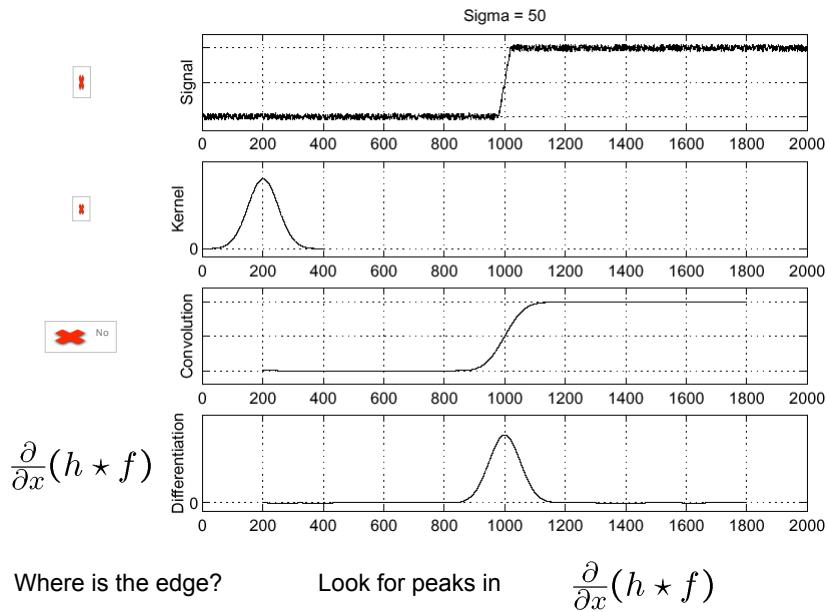
Effects of noise

Consider a single row or column of the image



Where is the edge?

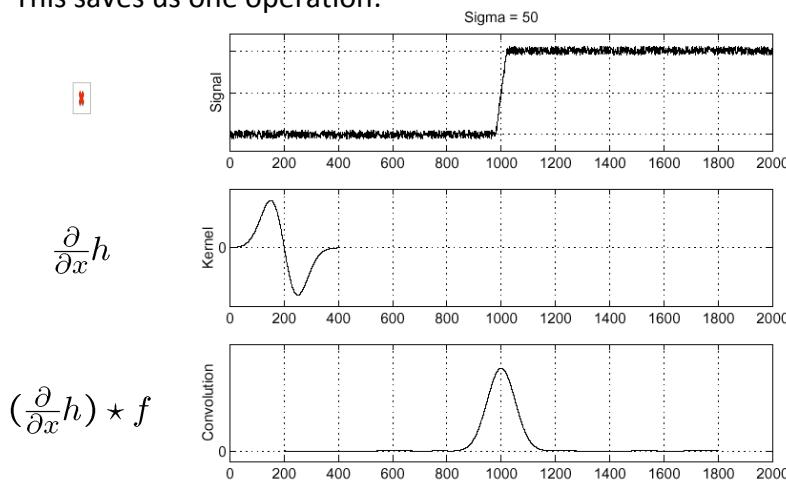
Solution: smooth first



Derivative theorem of convolution

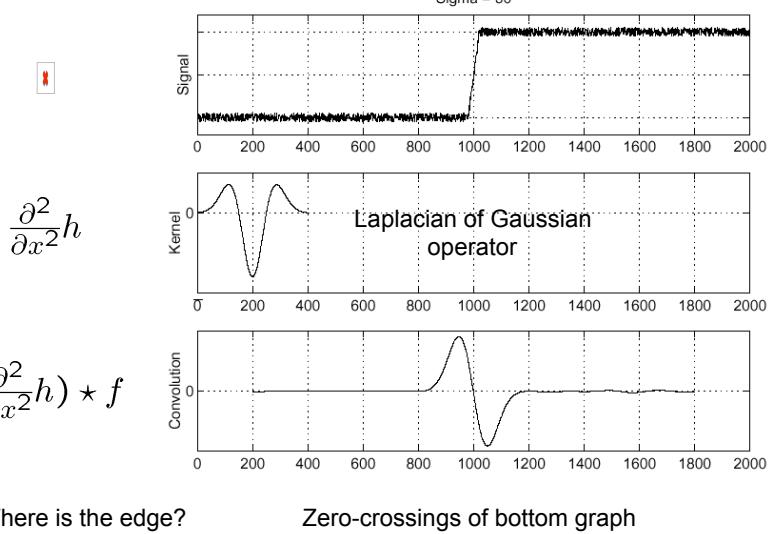
$$\frac{\partial}{\partial x}(h * f) = (\frac{\partial}{\partial x}h) * f$$

This saves us one operation:

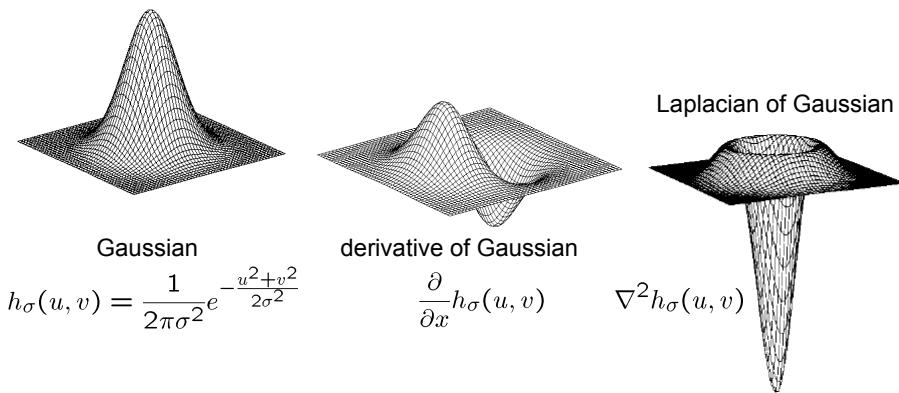


Laplacian of Gaussian

- Consider $\frac{\partial^2}{\partial x^2}(h \star f)$



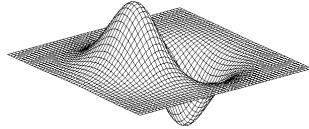
2D edge detection filters



The Laplacian operator:

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2}$$

Aproximación de operadores mediante máscaras/kernels



derivative of Gaussian

$$\frac{\partial}{\partial x} h_\sigma(u, v)$$

Sobel Operator

$$\frac{1}{8} \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

 s_x

$$\frac{1}{8} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix}$$

 s_y

3x3 mask, horizontal gradient

$$\frac{df}{dx} = f(x) - f(x-1) = f'(x) \quad \text{Backward difference}$$

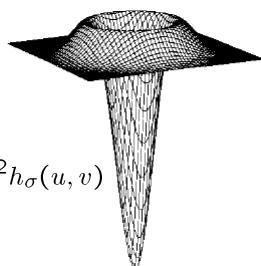
$$\frac{df}{dx} = f(x) - f(x+1) = f'(x) \quad \text{Forward difference}$$

$$\frac{df}{dx} = f(x+1) - f(x-1) = f'(x) \quad \text{Central difference}$$

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

Aproximación de operadores mediante máscaras/kernels

Laplacian of Gaussian



$$\nabla^2 h_\sigma(u, v)$$

Aproximaciones de tamaño 3x3

0	1	0	1	1	1	-1	2	-1
1	-4	1	1	-8	1	2	-4	2
0	1	0	1	1	1	-1	2	-1

Aproximación de tamaño 9x9

0	0	3	2	2	2	3	0	0
0	2	3	5	5	5	3	2	0
3	3	5	3	0	3	5	3	3
2	5	3	-12	-23	-12	3	5	2
2	5	0	-23	-40	-23	0	5	2
2	5	3	-12	-23	-12	3	5	2
3	3	5	3	0	3	5	3	3
0	2	3	5	5	5	3	2	0
0	0	3	2	2	2	3	0	0