

Carrera de Ingeniería en Ciencias de la Computación

Visión por Computador
- Mejoramiento de Imágenes en el Dominio Espacial -

Vladimir Robles Bykbaev
vrobles@ups.edu.ec

Universidad Politécnica Salesiana
Grupo de Investigación en Inteligencia Artificial y Tecnologías de Asistencia
(GI-IATA)

2025
Cuenca – Ecuador

Esquema Capitular:

1. Introducción al Procesamiento Digital de Imágenes
2. Fundamentos de las Imágenes Digitales
3. Mejoramiento de Imágenes en el Dominio Espacial
4. Mejoramiento de Imágenes en el Dominio de la Frecuencia
5. Restauración de Imágenes
6. Procesamiento Morfológico de Imágenes
7. Segmentación
8. Aplicaciones Prácticas

Esquema Capitular:

1. Introducción al Procesamiento Digital de Imágenes
2. Fundamentos de las Imágenes Digitales
- 3. Mejoramiento de Imágenes en el Dominio Espacial**
4. Mejoramiento de Imágenes en el Dominio de la Frecuencia
5. Restauración de Imágenes
6. Procesamiento Morfológico de Imágenes
7. Segmentación
8. Aplicaciones Prácticas

3. Mejoramiento de Imágenes en el Dominio Espacial

- **Introducción**

- El dominio espacial se refiere al plano donde se define la imagen.
- Por ello, se realiza una manipulación directa de los píxeles.
- Dentro del procesado en el dominio espacial, tenemos dos categorías: transformaciones de intensidad y filtrado espacial.
- Las transformaciones de intensidad operan sobre los píxeles de la imagen y sirven para manipular el contraste y la umbralización.

3. Mejoramiento de Imágenes en el Dominio Espacial

- **Introducción**

- El filtrado espacial se emplea para enfrentar problemas mejoramiento de la nitidez de la imagen, operando sobre el vecindario de cada pixel de la imagen.
- Cuando se captura una imagen, es importante tener presente que existen fuentes que originan la degradación de la misma:
 - Relacionadas con el proceso de captura en sí.
 - Debido a la iluminación.
 - Debido a la óptica de la cámara.
 - Debido al canal de transmisión.

3. Mejoramiento de Imágenes en el Dominio Espacial

- **Introducción**

- Generalmente las técnicas que operan en el dominio espacial son más eficientes a nivel computacional y requieren menos procesamiento de recursos para implementarlas.
- El dominio espacial se puede representar como:

$$g(x, y) = T[f(x, y)]$$

- Donde:
 - $f(x, y)$. – Imagen de entrada
 - $g(x, y)$. – Imagen de salida
 - T . – Operador en f definido sobre la vecindad del punto (x, y)

3. Mejoramiento de Imágenes en el Dominio Espacial

- #### Introducción

- El filtrado espacial, es una operación que se realiza partiendo del punto $(0,0)$ y se va aplicando una máscara (máscara espacial, *kernel*, plantilla o ventana) a lo largo de las filas de la imagen.
- El tipo de operación en el vecindario determina la naturaleza del filtrado.
- El vecindario más pequeño puede ser de **$1x1$** , lo que hace que g dependa del valor de un solo punto (x,y) y T se convierte en una **función de transformación de intensidad**:

$$s = T(r)$$

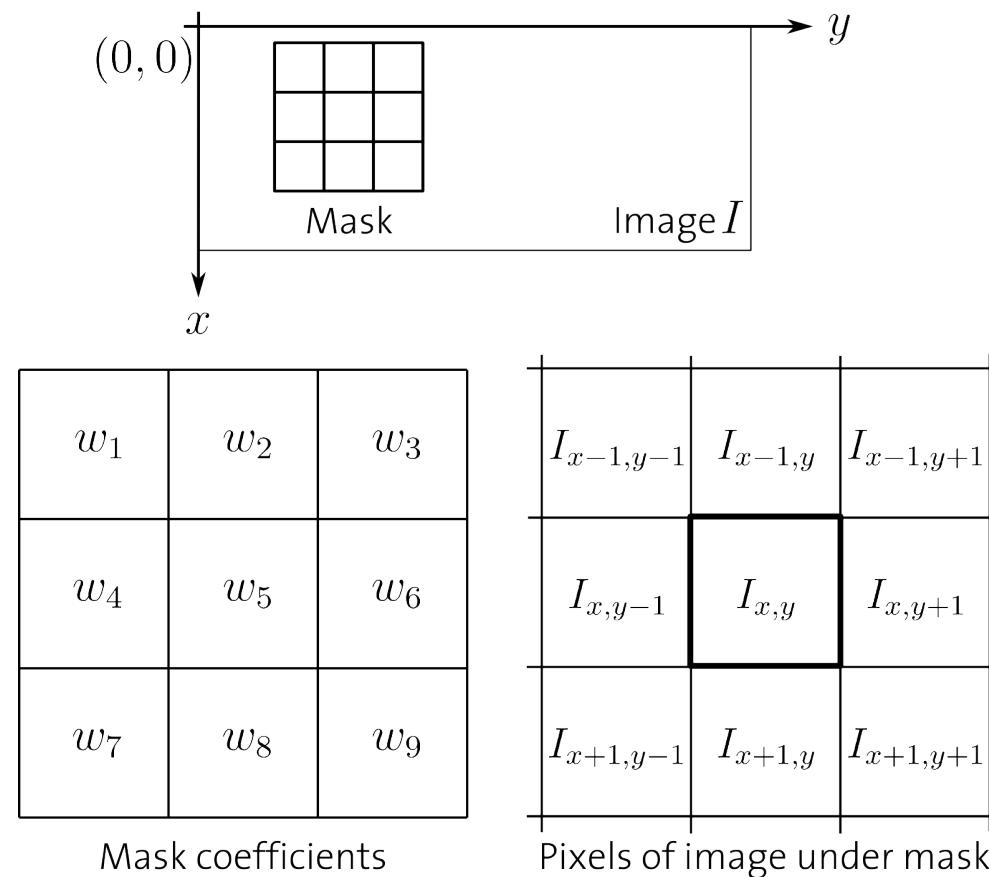
3. Mejoramiento de Imágenes en el Dominio Espacial

- #### Introducción

- Donde s y r son variables que representan la intensidad de g y f , en cualquier punto (x,y) , respectivamente.
- A fin de evitar ambigüedades, se emplean máscaras que tienen tamaño impar.
- Cuando se procesan los pixeles del borde de la imagen, se presenta el problema de que la máscara tendrá un vecindario donde algunos pixeles están definidos fuera de la imagen.
- Para lidiar con este problema, existen algunas posibles soluciones: completar con ceros u otros valores, no considerar dichos valores en el proceso de cálculo, interpolar valores o replicar los valores que están dentro de la imagen.

3. Mejoramiento de Imágenes en el Dominio Espacial

- Introducción



Operación de filtrado espacial. Se aprecia la máscara y la imagen [1].

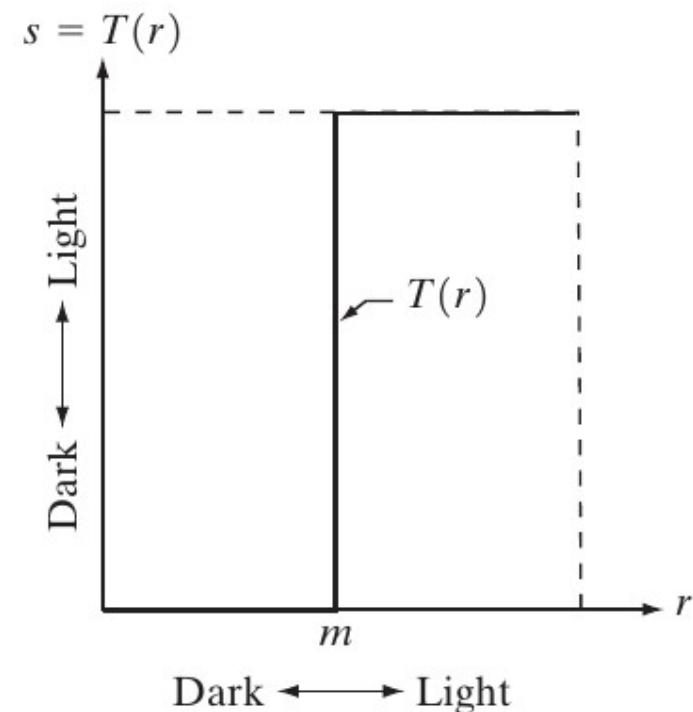
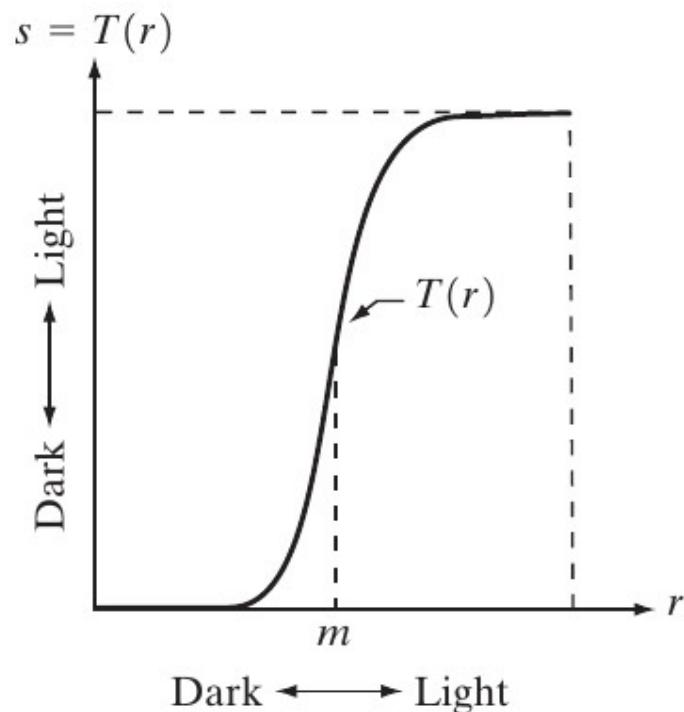
3. Mejoramiento de Imágenes en el Dominio Espacial

- Introducción

- En la siguiente figura se aprecia un ejemplo de aplicar una transformación $T(r)$ a los pixeles de una imagen.
- En el caso de aplicar la función de la izquierda, generaremos una imagen con mayor contraste que la original, ya que se oscurecerá la intensidad de los pixeles debajo de r . Esta técnica generalmente se conoce como alargamiento de contraste (***contrast stretching***).
- Por el contrario, la función de la sección derecha, se definen dos únicos valores para la intensidad de los pixeles, aquellos menores a r tendrán un valor oscuro y los mayores uno claro. Esta función produce una imagen binaria y se conoce como función de umbralización (***thresholding***).

3. Mejoramiento de Imágenes en el Dominio Espacial

- Introducción



Funciones de transformación de intensidad [2]

3. Mejoramiento de Imágenes en el Dominio Espacial

- Funciones básicas de transformación de intensidad
 - Estas son las técnicas más sencillas de aplicar en el PDI. Los valores de los pixeles se denotarán con r y s (antes y después de aplicar la función).
 - Las operaciones más utilizadas en la transformación de la intensidad son:
 - Negativo de la imagen
 - Transformaciones logarítmicas
 - Ley de la potencia

3. Mejoramiento de Imágenes en el Dominio Espacial

- Funciones básicas de transformación de intensidad
 - Negativo de la imagen
 - El negativo de una imagen que posee niveles de intensidad de $[0, L - 1]$, se obtiene a través de la siguiente expresión:

$$s = L - 1 - r$$

- Esta operación es similar a obtener el negativo fotográfico de una imagen. Con esta operación se busca realizar los detalles blancos o grises embebidos en regiones oscuras de una imagen.

3. Mejoramiento de Imágenes en el Dominio Espacial

- Funciones básicas de transformación de intensidad
 - Negativo de la imagen

Como se puede apreciar en la imagen de la derecha, se observa una pequeña lesión que es más fácil de analizar en la imagen en negativo.

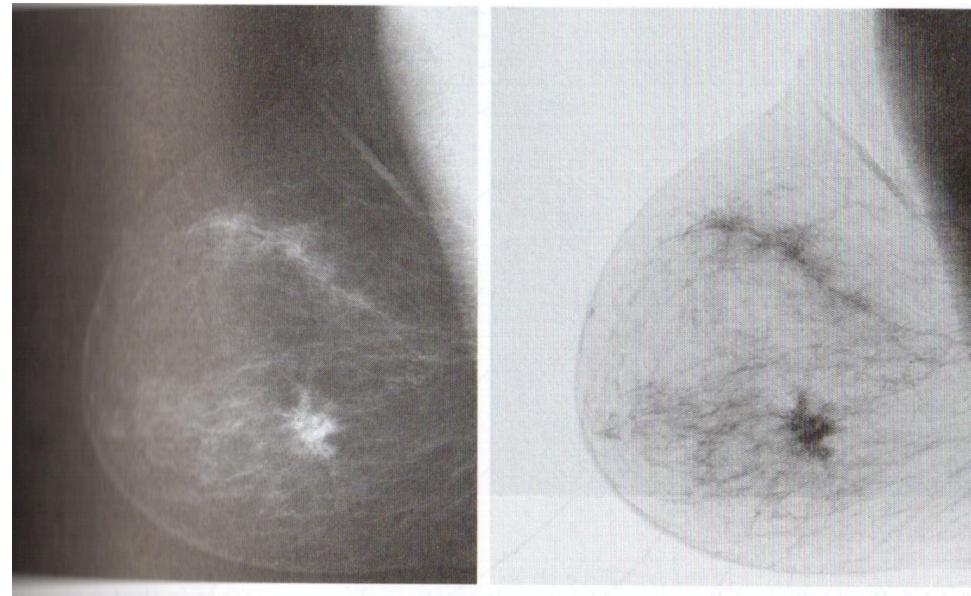


Imagen de un mamograma y su inversa [2]

3. Mejoramiento de Imágenes en el Dominio Espacial

- Funciones básicas de transformación de intensidad
 - Transformaciones logarítmicas
 - Este tipo de transformación se emplea para expandir los valores oscuros de los pixeles en una imagen, mientras se comprimen los valores de nivel alto. Si aplicamos el logaritmo inverso, se obtiene la transformación contraria.

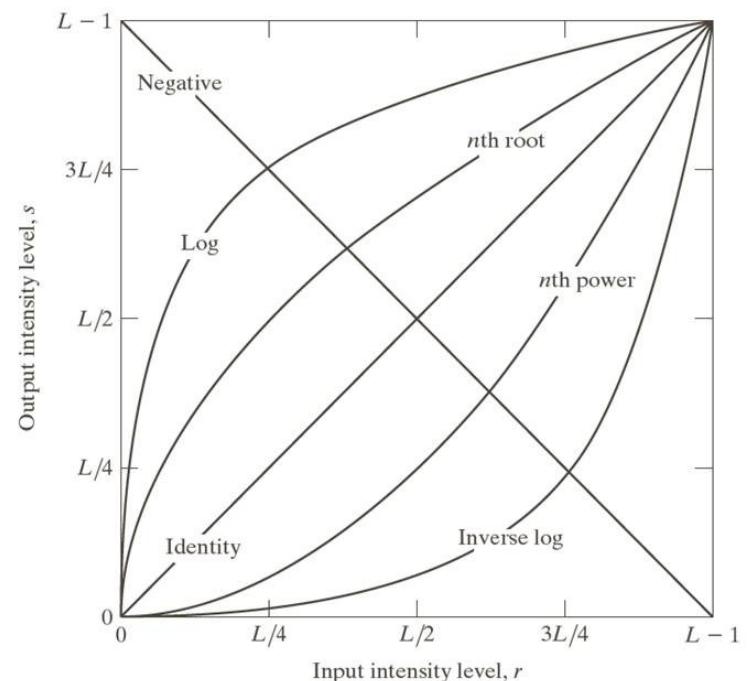
$$s=c \cdot \log(1+r)$$

- Donde **c** es una constante y se asume que $r \geq 0$

3. Mejoramiento de Imágenes en el Dominio Espacial

- Funciones básicas de transformación de intensidad
 - Transformaciones logarítmicas

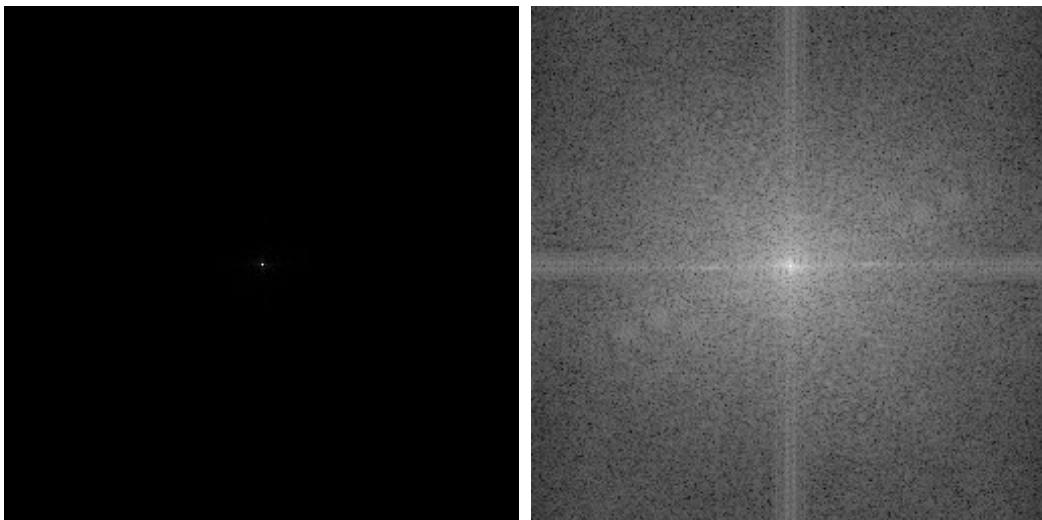
Las transformaciones logarítmicas nos permiten expandir/contraer el nivel de intensidad de los pixeles de una imagen.



Mapeo a un rango *narrow* que realiza la curva log [2]

3. Mejoramiento de Imágenes en el Dominio Espacial

- Funciones básicas de transformación de intensidad
 - Transformaciones logarítmicas



Transformada de Fourier de una imagen (izquierda) y aplicación de la transformación logarítmica (derecha) [3].

El espectro de Fourier de una imagen es un ejemplo clásico de aplicación de la transformación logarítmica, donde los valores de los píxeles tienen un rango dinámico muy extenso. Es común encontrar valores de espectro en el rango 0 a 10^6 o superiores. Mientras la computadora no tiene problemas para procesar estos datos, los dispositivos de visualización no pueden hacerlo y por ello se pierde mucha información significativa.

3. Mejoramiento de Imágenes en el Dominio Espacial

- Funciones básicas de transformación de intensidad
 - Transformaciones logarítmicas

Por ello, al escalar los valores de los pixeles a 8 bits, se obtiene una imagen donde dominan los colores claros, en detrimento de los oscuros. Si aplicamos la transformación logarítmica, podemos apreciar la riqueza de la imagen obtenida, que es mucho más cercana al espectro real.

3. Mejoramiento de Imágenes en el Dominio Espacial

- Funciones básicas de transformación de intensidad
 - Transformaciones de la Ley de la Potencia (Gamma)
 - Este tipo de transformación se emplea para mostrar una imagen en pantalla de mejor manera.

$$s = c \cdot r^\gamma$$

- Donde c y γ son constantes positivas. Cuando el valor de γ es un decimal (<1) se produce un mapeo de valores con un rango más reducido para colores oscuros, y viceversa.

3. Mejoramiento de Imágenes en el Dominio Espacial

- Funciones básicas de transformación de intensidad

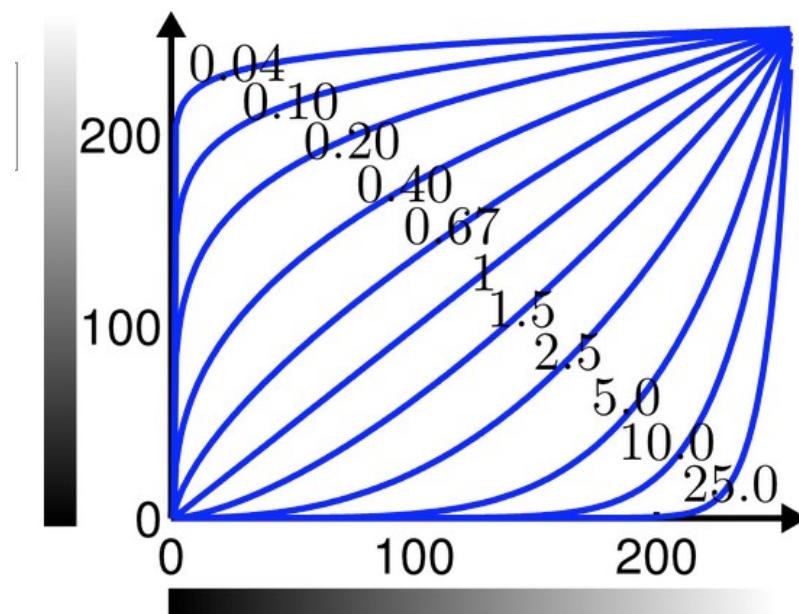


Fig 7.9: Plots of Eq [7.5](#) for various values of γ

Gráfica de la ecuación $s=cr^\gamma$ para distintos valores de gamma (se asume que $c=1$) [1]

3. Mejoramiento de Imágenes en el Dominio Espacial

- Funciones básicas de transformación de intensidad
 - Transformaciones de la Ley de la Potencia (Gamma)
 - Una amplia variedad de dispositivos empleados para captura, impresión y visualización responden de acuerdo a la ley de las potencias.
 - El proceso para corregir los problemas relacionados con la ley de la potencia se conoce como **corrección gamma**.
 - Por ejemplo, los Tubos de Rayos Catódicos tienen un sistema de respuesta intensidad - voltaje, que es una potencia, que varía de 1.8 a 2.5, aproximadamente.

3. Mejoramiento de Imágenes en el Dominio Espacial

- Funciones básicas de transformación de intensidad
 - Transformaciones de la Ley de la Potencia (Gamma)
 - Adicionalmente, la corrección gamma es una técnica de propósito general en la manipulación de contraste.
 - Por ejemplo, en la siguiente figura podemos observar una imagen de resonancia magnética de una columna fracturada. En virtud de que la imagen es predominantemente oscura, una expansión los niveles de intensidad es deseable. Se aprecia que los mejores resultados se obtienen con un valor de $\text{gamma}=0.4$

3. Mejoramiento de Imágenes en el Dominio Espacial

- Funciones básicas de transformación de intensidad
 - Transformaciones de la Ley de la Potencia (Gamma)



Imagen de Resonancia Magnética de una columna de ser humano fracturada. Se aprecian los diferentes valores de gamma [2].

3. Mejoramiento de Imágenes en el Dominio Espacial

- Funciones básicas de transformación de intensidad
 - Transformaciones punto a punto
 - Son transformaciones que se realizan sobre el rango de niveles de gris, son fáciles de implementar y pueden trabajar en tiempo real.
 - Las más importantes son:
 - Dilatación de rango dinámico
 - Fraccionamiento de niveles de gris

3. Mejoramiento de Imágenes en el Dominio Espacial

- Funciones básicas de transformación de intensidad
 - Transformaciones punto a punto: Dilatación de rango dinámico
 - Se aplica a imágenes pobremente contrastadas debido a la mala iluminación (aparecen muchos puntos en un intervalo pequeño de niveles de gris). El objetivo es resaltar una zona donde hay mayor concentración de niveles de gris.

$$s = \begin{cases} ar & \text{si } 0 \leq r < a \\ \beta(r-a) + v_a & \text{si } a \leq r < b \\ \gamma(r-b) + v_b & \text{si } b \leq r < L \end{cases}$$

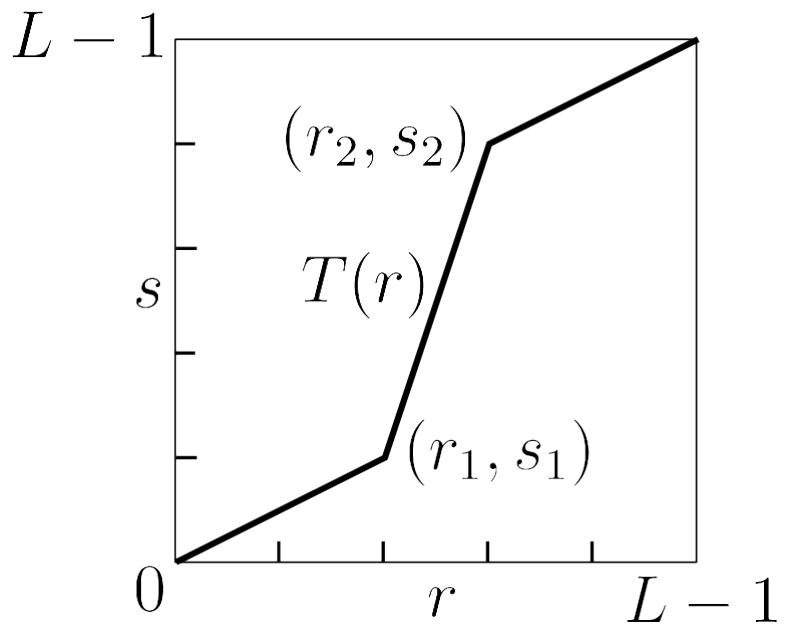
3. Mejoramiento de Imágenes en el Dominio Espacial

- Funciones básicas de transformación de intensidad
 - Transformaciones punto a punto: Dilatación de rango dinámico
 - La dilatación de rango dinámico expande el rango de niveles de intensidad de gris a fin de que pueda coincidir con el sistema de visualización empleado.
 - La pendiente de la transformación es mayor que la unidad en el rango $[a, b]$ a dilatar. Los valores a y b pueden calcularse examinando el histograma de la imagen.

3. Mejoramiento de Imágenes en el Dominio Espacial

- Funciones básicas de transformación de intensidad
 - Transformaciones punto a punto: Dilatación de rango dinámico

En la figura se aprecia la función empleada para realizar dilatación de rango dinámico. Si el valor de $r_1=r_2$, $s_1=0$ y $s_2=L-1$, la función pasa a ser de umbralización. Por el contrario, si $r_1=s_1$ y $r_2=s_2$, tendremos una función lineal que no producirá cambios en la intensidad de los pixeles [1].



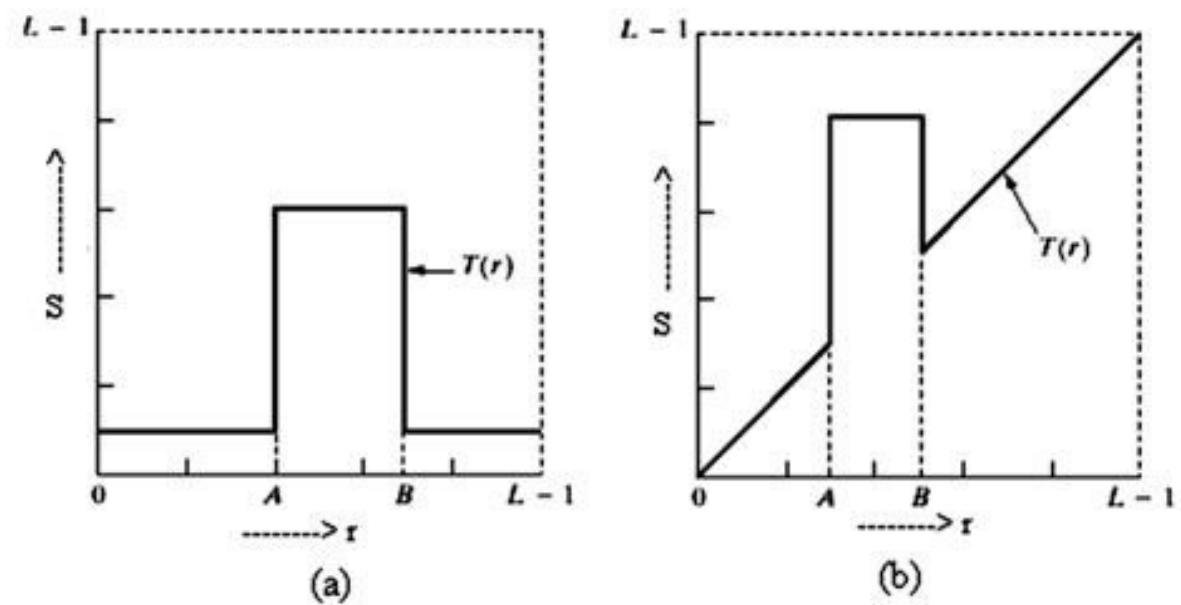
3. Mejoramiento de Imágenes en el Dominio Espacial

- Funciones básicas de transformación de intensidad
 - Transformaciones punto a punto: Fraccionamiento de niveles de gris
 - El fraccionamiento de niveles de gris en una imagen, es una tarea importante. Por ejemplo, con esta transformación podemos resaltar el área que representa masas de agua en imágenes satelitales o defectos en imágenes de rayos X.
 - Una aproximación es mostrar un valor (por ejemplo blanco) en otro rango de intensidades (por ejemplo negro).

3. Mejoramiento de Imágenes en el Dominio Espacial

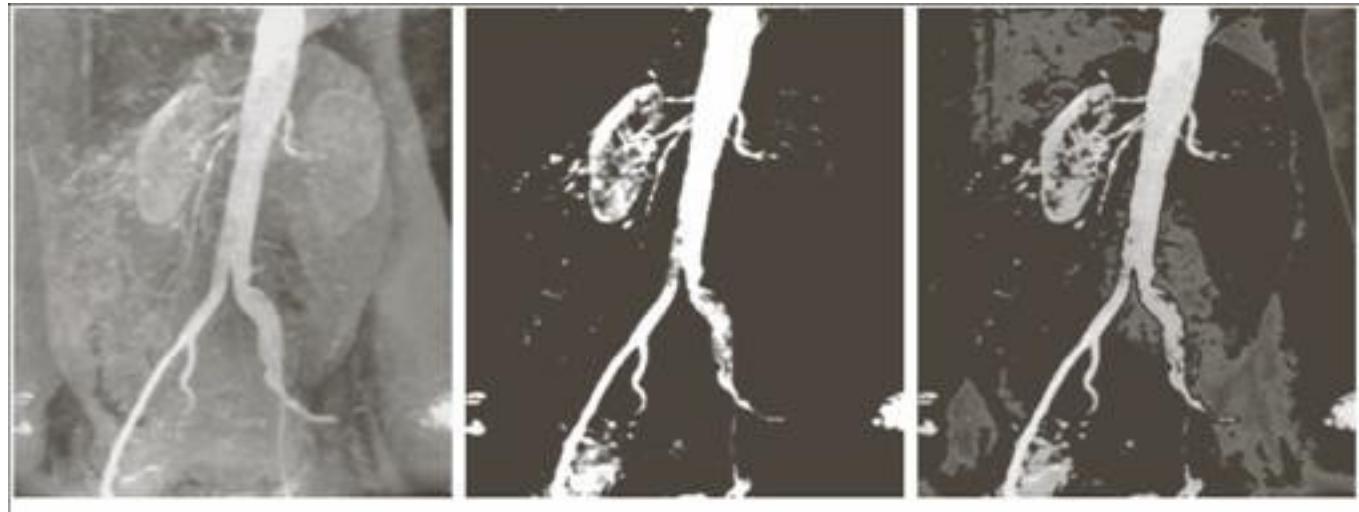
- Funciones básicas de transformación de intensidad
 - Transformaciones punto a punto: Fraccionamiento de niveles de gris

Como se aprecia en la figura, la función de la izquierda produce una imagen binaria, mientras que la de la derecha produce un realce de los pixeles bajo el rectángulo (rango $A - B$), dejando intactos a los demás [2].



3. Mejoramiento de Imágenes en el Dominio Espacial

- Funciones básicas de transformación de intensidad
 - Transformaciones punto a punto: Fraccionamiento de niveles de gris



Ejemplo de un angiograma aórtico. En la segunda imagen se aprecia la aplicación de fraccionamiento (a) y en la tercera se resaltan los vasos sanguíneos a través de fraccionamiento (b) [2]

3. Mejoramiento de Imágenes en el Dominio Espacial

- Procesamiento a través de Histograma
 - El histograma de una imagen digital con niveles de intensidad en el rango $[0, L - 1]$ es una función discreta $h(r_k) = n_k$, donde r_k es el k-ésimo valor de intensidad y n_k es el número de pixeles de la imagen que tienen ese valor de intensidad.
 - Es una práctica común normalizar el histograma, dividiendo sus valores para $M * N$, donde M es el número de filas de la imagen y N es el número de columnas.
 - Con ello, el histograma normalizado será:

$$p(r_k) = \frac{n_k}{M \times N}, \quad \text{para } k = 0, 1, 2, \dots, L - 1$$

3. Mejoramiento de Imágenes en el Dominio Espacial

- Procesamiento a través de Histograma
 - El valor de $p(r_k)$ estima la probabilidad de ocurrencia del nivel de intensidad r_k en la imagen. La suma de los componentes de un histograma normalizado es igual a 1.
 - Las aplicaciones mas importantes de los histogramas son:
 - Realce de imágenes
 - Estadística de las imágenes
 - Compresión
 - Segmentación

3. Mejoramiento de Imágenes en el Dominio Espacial

- Procesamiento a través de Histograma
 - Ecualización de Histograma
 - Para realizar la ecualización del histograma, tomamos las siguientes asunciones:
 - La transformación $T(r)$ que aplicaremos sobre los píxeles a fin de realizar la ecualización, debe ser una función monótona creciente.
 - Debe cumplirse la siguiente condición:

$$0 \leq T(r) \leq L-1 \quad \text{para} \quad 0 \leq r \leq L-1$$

3. Mejoramiento de Imágenes en el Dominio Espacial

- Procesamiento a través de Histograma
 - Ecualización de Histograma
 - Los valores de intensidad en una imagen pueden ser vistos como un conjunto de variables aleatorias en el intervalo $[0, L - 1]$, y un buen descriptor para las mismas es la Función de Densidad de Probabilidad (FDP).
 - Suponiendo que r y s son variables continuas, los niveles de gris originales y los transformados se pueden caracterizar por las FDP $p_r(r)$ y $p_s(s)$.

3. Mejoramiento de Imágenes en el Dominio Espacial

- Procesamiento a través de Histograma
 - Ecualización de Histograma
 - Los valores de $p_r(r)$ y $T(r)$ son conocidos y $T(r)$ es diferenciable y continua en el rango de interés. La FDP de la variable transformada s , puede obtenerse usando esta fórmula:

$$s = T(r)$$

$$p_s(s) = p_r(r) \left| \frac{dr}{ds} \right|$$

(Ecuación 1)

3. Mejoramiento de Imágenes en el Dominio Espacial

- Procesamiento a través de Histograma
 - Ecualización de Histograma
 - Consideremos la siguiente transformación:

$$s = T(r) = (L-1) \int_0^r p_r(w) dw \quad (\text{Ecuación 2})$$

- Esta transformación cumple con las dos condiciones que se planteó inicialmente y se conoce como Función de Distribución Acumulativa (FDA).

3. Mejoramiento de Imágenes en el Dominio Espacial

- Procesamiento a través de Histograma
 - Ecualización de Histograma
 - Ahora, debemos encontrar el valor de $p_s(s)$ para la transformación planteada anteriormente (ecuación 2):

$$\frac{ds}{dr} = \frac{dT(r)}{dr}$$

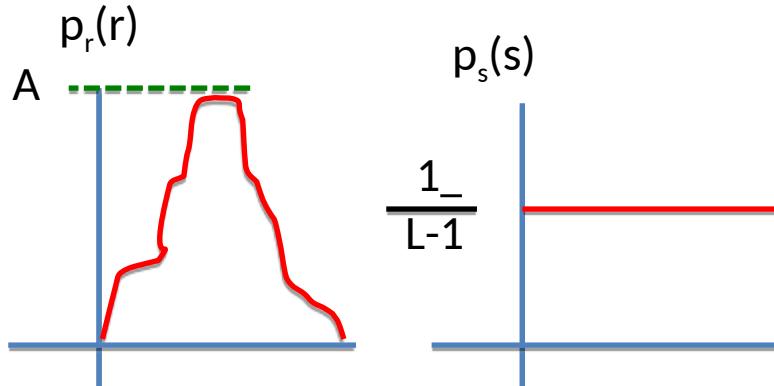
$$\frac{ds}{dr} = \frac{d}{dr} \left[(L-1) \int_0^r p_r(w) dw \right]$$

$$\frac{ds}{dr} = (L-1) \left[\frac{d}{dr} \int_0^r p_r(w) dw \right]$$

$$\frac{ds}{dr} = (L-1) p_r(r) \quad (\text{Ecuación 3})$$

3. Mejoramiento de Imágenes en el Dominio Espacial

- Procesamiento a través de Histograma
 - Ecualización de Histograma
 - Ahora sustituimos el valor obtenido en la ecuación 3 por el valor de la ecuación 1:



$$p_s(s) = p_r(r) \left| \frac{dr}{ds} \right|$$

$$p_s(s) = p_r(r) \left| \frac{1}{(L-1)p_r(r)} \right|$$

$$p_s(s) = \frac{1}{(L-1)} \quad 0 \leq s \leq L-1$$

3. Mejoramiento de Imágenes en el Dominio Espacial

- Procesamiento a través de Histograma
 - Ecualización de Histograma
 - Con esto se puede apreciar que usar una transformación T igual a la FDA de r produce una imagen cuyos niveles de gris tienen una densidad uniforme.
 - Para el caso de valores discretos, el cálculo de las funciones de densidad de probabilidad viene dado por:

$$P_r(r_k) = \frac{n_k}{n}$$

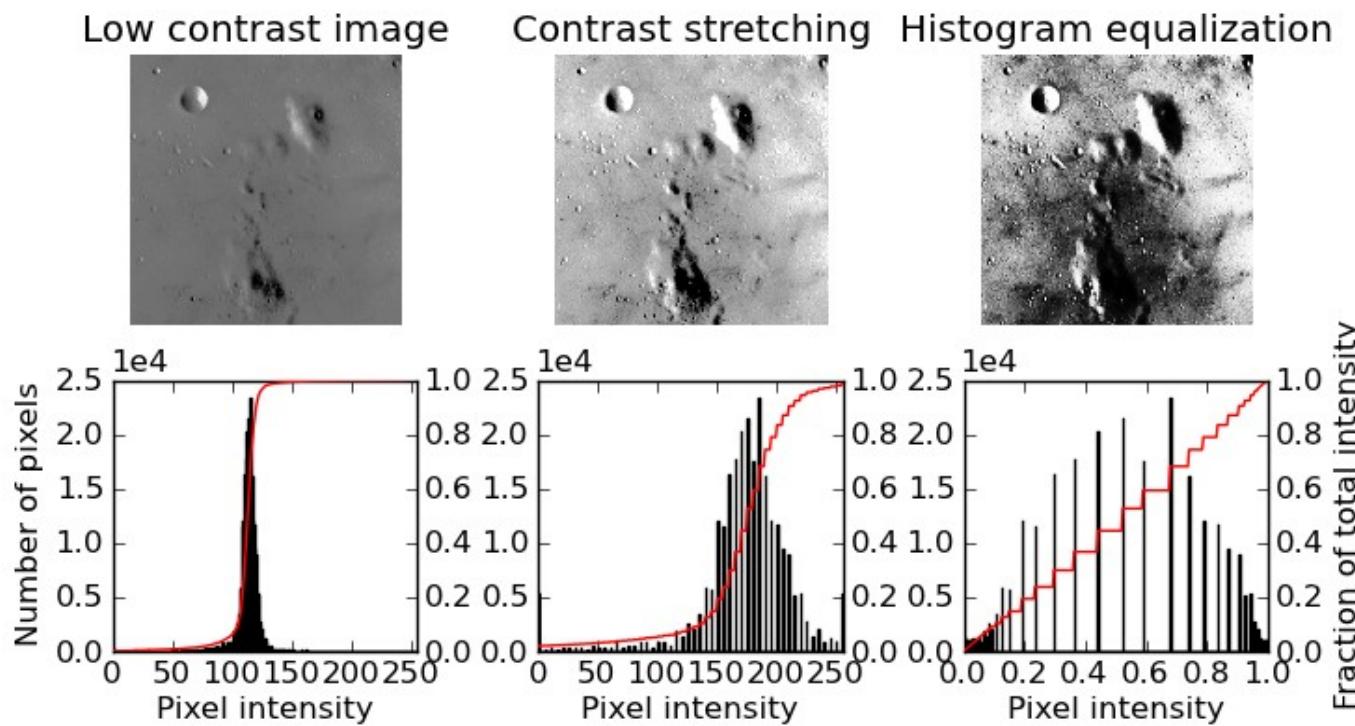
3. Mejoramiento de Imágenes en el Dominio Espacial

- Procesamiento a través de Histograma
 - Ecualización de Histograma
 - Con $0 \leq r_k \leq 1$ y $k = 0, 1, 2, \dots, L - 1$, siendo $p_r(r_k)$ la probabilidad del k-ésimo nivel de gris, n_k es el número de veces que aparece el nivel de gris k-ésimo en la imagen, y n es número total de puntos.
 - Se llama histograma al diagrama de $p_r(r_k)$ respecto a r_k , y a las técnicas para obtener histogramas uniformes se llama **ecualización de histogramas**.

$$s_k = T(r_k) = (L-1) \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n} = (L-1) \sum_{j=0}^k p_r(r_j)$$

3. Mejoramiento de Imágenes en el Dominio Espacial

- Procesamiento a través de Histograma
 - Ecualización de Histograma



Ejemplo de mejoramiento de imágenes a través de ecualización del histograma [5].

3. Mejoramiento de Imágenes en el Dominio Espacial

- Procesamiento a través de Histograma
 - Ecualización de Histograma usando OpenCV

```
Mat imagen=imread("heman.jpeg",CV_LOAD_IMAGE_GRAYSCALE);
// Con esto validamos si la imagen se ha cargado correctamente
if(!imagen.data){
    cout << "Ingrese una imagen valida..." << endl;
}

Mat ecualizada;

equalizeHist(imagen,ecualizada);

namedWindow("Original",CV_WINDOW_AUTOSIZE);
imshow("Original",imagen);
namedWindow("Ecualizada",CV_WINDOW_AUTOSIZE);
imshow("Ecualizada",ecualizada);
```

3. Mejoramiento de Imágenes en el Dominio Espacial

- Filtrado Espacial
 - Correlación y Convolución Espacial
 - Estos dos conceptos están estrechamente ligados y debemos entender claramente la diferencia entre los mismos cuando se realicen operaciones de filtrado lineal espacial.
 - La correlación es el proceso de mover el kernel o máscara sobre la imagen y calcular la suma de los productos en cada ubicación.

$$g(x, y) = \sum_{s=-a}^a \sum_{t=-b}^b w(s, t) \cdot f(x+s, y+t)$$

3. Mejoramiento de Imágenes en el Dominio Espacial

- Filtrado Espacial
 - Correlación y Convolución Espacial
 - La convolución opera de manera similar a la correlación, con la única diferencia que primero rota la máscara 180 grados.

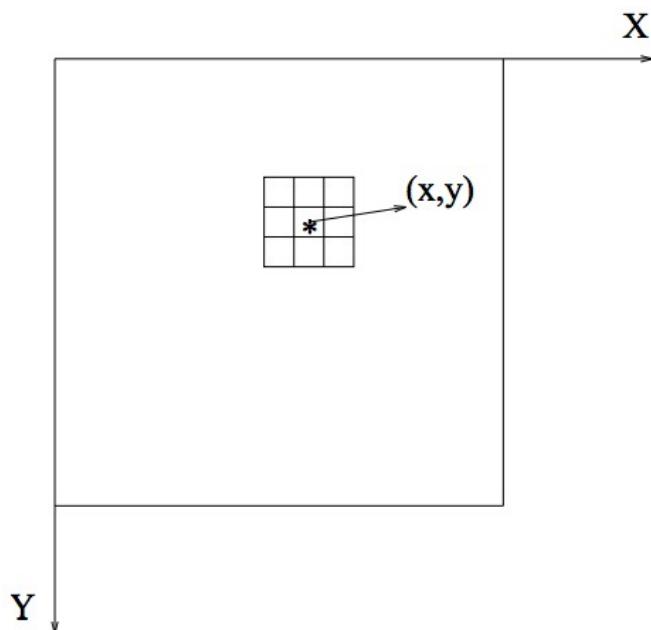
$$g(x, y) = \sum_{s=-a}^a \sum_{t=-b}^b w(s, t) \cdot f(x-s, y-t)$$

3. Mejoramiento de Imágenes en el Dominio Espacial

- **Filtrado Espacial**
 - Máscaras y vecindario
 - La principal técnica usada para definir una vecindad de (x,y) es usar una subimagen cuadrada centrada en (x, y)
 - El centro de la subimagen se mueve de punto a punto empezando en la esquina superior izquierda y al aplicar el operador en cada punto obtenemos el valor de la nueva imagen $g(x, y)$ en cada punto
 - Una de las formas de realizar este proceso es mediante máscaras. Básicamente una máscara es una matriz bidimensional pequeña (por ejemplo 3x3) cuyo valor de los elementos son escogidos para detectar una propiedad de la imagen.

3. Mejoramiento de Imágenes en el Dominio Espacial

- **Filtrado Espacial**
 - Máscaras y vecindario



w_1 $(x - 1, y - 1)$	w_2 $(x, y - 1)$	w_3 $(x + 1, y - 1)$
w_4 $(x - 1, y)$	w_5 (x, y)	w_6 $(x + 1, y)$
w_7 $(x - 1, y + 1)$	w_8 $(x, y + 1)$	w_9 $(x + 1, y + 1)$

Ejemplo de una máscara de 3x3 [4]

Ejemplo de vecindario 3x3 del pixel (x, y) [4]

3. Mejoramiento de Imágenes en el Dominio Espacial

- **Filtrado Espacial**

- Máscaras y vecindario

- Se pueden formar máscaras de cualquier tamaño, incluso que no sean cuadradas: rectangulares, circulares, etc.
 - Veamos un ejemplo para detectar puntos aislados. Supongamos una imagen de intensidad constante que contiene puntos aislados cuyas intensidades difieren considerablemente del fondo. Estos puntos pueden detectarse usando una máscara 3×3 con los valores siguientes:

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

3. Mejoramiento de Imágenes en el Dominio Espacial

- **Filtrado Espacial**
 - Máscaras y vecindario
 - El centro de la máscara se mueve a lo largo de la imagen. En cada posición de la imagen multiplicamos cada punto que está contenido en la imagen por su correspondiente coeficiente de la máscara, es decir, el punto en el centro de la máscara es multiplicado por 8, mientras que sus 8 vecinos se multiplican por -1. El resultado de estas 9 multiplicaciones se suma. Si todos los puntos bajo la máscara tienen el mismo valor de intensidad (*background constante*), la suma sería cero.

3. Mejoramiento de Imágenes en el Dominio Espacial

- **Filtrado Espacial**

- Suavizado de imágenes

- Las operaciones de suavizado de imágenes se emplean para disminuir el ruido debido a problemas en la adquisición (muestreo o canal de transmisión).
 - Una de las operaciones más básicas, es el promedio de los vecinos, operación que consiste en calcular el promedio del vecindario:

$$g(x,y) = \frac{1}{M} \sum_{(n,m) \in S} f(n,m)$$

3. Mejoramiento de Imágenes en el Dominio Espacial

- **Filtrado Espacial**
 - Suavizado de imágenes
 - Donde:
 - $x=0,1,\dots,N-1$
 - $y=0,1,\dots,N-1$
 - S es el conjunto de los vecinos, incluyendo al propio punto (x,y)
 - M es el número de puntos de la vecindad

3. Mejoramiento de Imágenes en el Dominio Espacial

- **Filtrado Espacial**
 - Suavizado de imágenes

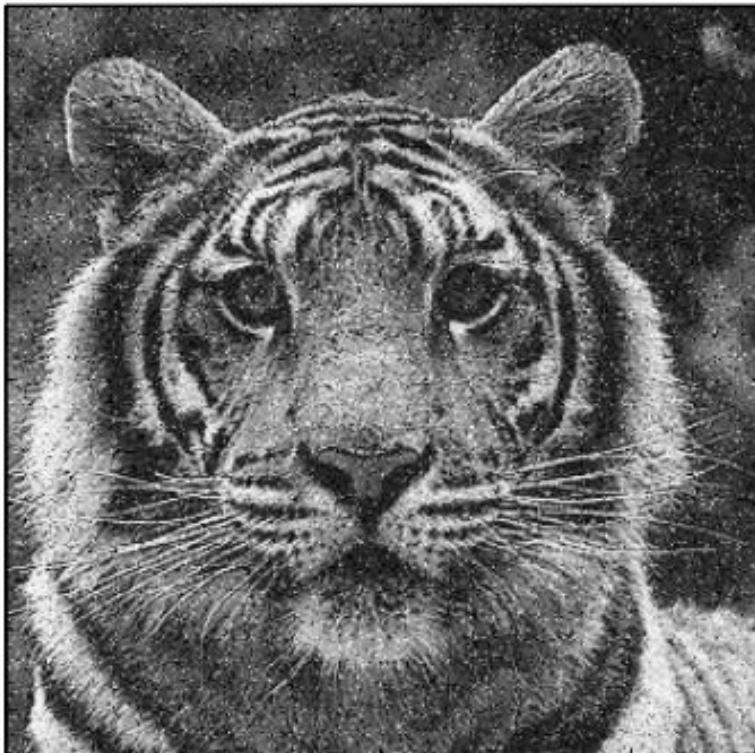
		\vdots		
	$(x - 1, y - 1)$	$(x, y - 1)$	$(x + 1, y - 1)$	
...	$(x - 1, y)$	(x, y)	$(x + 1, y)$...
	$(x - 1, y + 1)$	$(x, y + 1)$	$(x + 1, y + 1)$	
		\vdots		

$1/9$	$1/9$	$1/9$
$1/9$	$1/9$	$1/9$
$1/9$	$1/9$	$1/9$

Ejemplo de los pixeles de la imagen y la máscara para el promedio [4]

3. Mejoramiento de Imágenes en el Dominio Espacial

- **Filtrado Espacial**
 - Suavizado de imágenes



Ejemplo de Aplicación de un filtro de mediana a una imagen [4]

3. Mejoramiento de Imágenes en el Dominio Espacial

- **Filtrado Espacial**

- Ejercicios:

- Implementar un programa que inserte ruido (aleatorio) de sal y pimienta en una imagen y luego aplicar el filtro de la mediana para disminuir el nivel de ruido.
 - Implementar un programa que calcule el histograma de una imagen a color (RGB) e imprima los valores de cada canal.

Referencias Bibliográficas

- [1] Catting P., "Image Filtering". University of Basel. URL: <http://miac.unibas.ch/BIA/07-Filtering.html>
- [2] GONZÁLEZ R., and WOODS R., "Digital Image Processing", Third Edition, Prentice Hall, 2008.
- [3] FISHER R., PERKINS S., WALKER A. y WORLFART E. "Image Processing Learning Resources", 2004. URL: <http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/HIPR2/fourier.htm>
- [4] FERRI F., "Análisis de imágenes y reconocimiento de formas". Universidad de Valencia, 2007. URL: <http://informatica.uv.es/doctorado/AIRF/ParteAI/tema3.pdf>
- [5] SCIKITS TEAM, "Histogram Equalization", 2011. URL: http://scikit-image.org/docs/0.5/auto_examples/plot_equalize.html