

# Módulo 4. Flujo de trabajo e interpretación visual

# *Flujo de trabajo*

## **1)Objetivos, escala de trabajo y tipo de sensor**

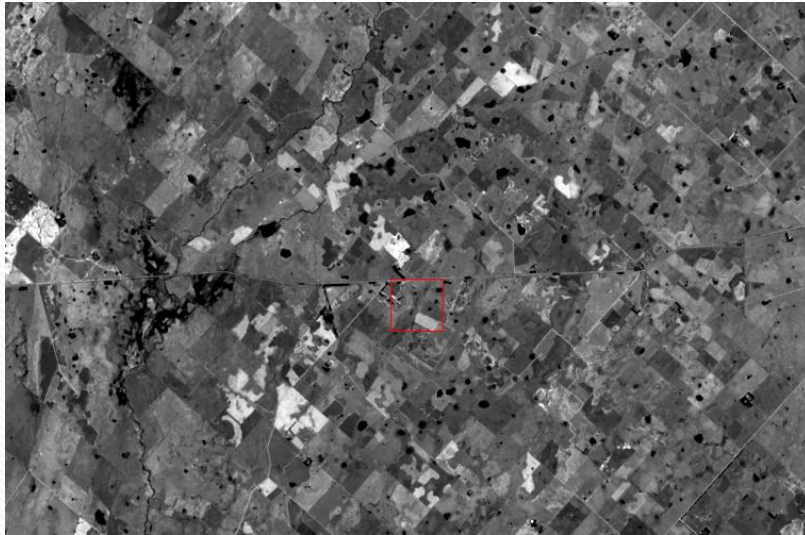
Destinar esfuerzos en el modelo conceptual de lo que queremos estudiar u observar (dinámica temporal? Variabilidad espacial? Estimaciones directas/indirectas?).

Tener en cuenta si el objetivo es abordable desde la teledetección.

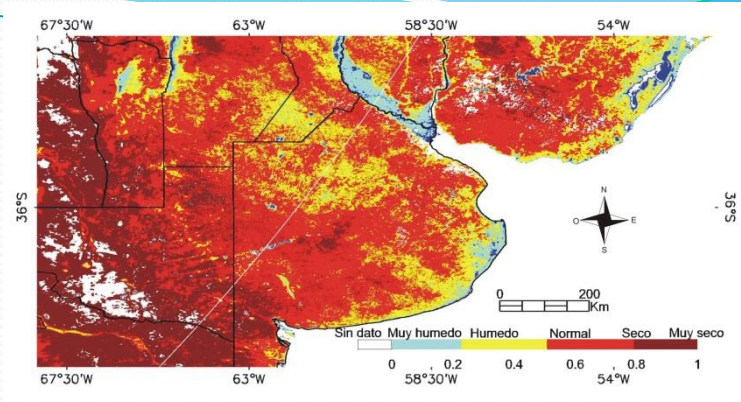
Definir una escala de trabajo según el nivel de detalle requerido y el proceso/cobertura a analizar (ej.: se puede hacer un análisis a 1:100.000 con una imagen MODIS de Ts (pixel=1 km)?

Escalas aproximadas según el sensor:

- MODIS (1 km): 1:2.000.000
- MODIS (250 m): 1:1.000.000
- Landsat TM: 1:100.000
- Spot- SENTINEL-2: 1:35.000 - 1:50.000



Landsat (30 m)



MODIS (1 km)



Ikonos (1 m)

### Escala de potrero

(Ej: delimitación de potreros, caminos, minería, uso urbano)

### Escala de paisaje

(Ej: áreas inundadas, productividades, calidades de suelos)

### Escala regional

(Ej: monitoreo de sequías, pérdidas de cosechas, grandes cuencas)

La resolución espacial no debe ser el único criterio para seleccionar el tipo de sensor.

Tener en cuenta la resolución temporal (ej.: rendimientos de cultivos vs. crecimiento urbano) y espectral (ej.: diferenciación de coberturas, islas de calor urbanas).

Otro punto a tener en cuenta es la fecha de adquisición, definida según el momento donde se observe mejor el fenómeno.

- 2) Antecedentes y estudio general de la zona. Posible visita a campo**
- 3) Definición de metodología de trabajo y productos a obtener**
- 4) Caracterización espectral del fenómeno/cubierta**
- 5) Selección y adquisición de datos**
- 6) Definición de la leyenda**
- 7) Procesamiento y obtención de resultados**
- 8) Planificación de campañas, verificaciones en campo en el caso que se requiera validar resultados**
- 9) Conclusiones e informes**

## **Algunos sitios de adquisición de imágenes**

<https://glovis.usgs.gov/>

<https://search.earthdata.nasa.gov/>

<https://earthexplorer.usgs.gov/>

<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>

<http://catalogos.conae.gov.ar/catalogo/catalogo-de-imagenes.html>

[espa.cr.usgs.gov](https://espa.cr.usgs.gov)

# Interpretación visual de imágenes

## Criterios visuales

### 1) Tono

Está asociado a la intensidad de energía captada en el sensor en cada banda. La misma superficie variará en distintas bandas.

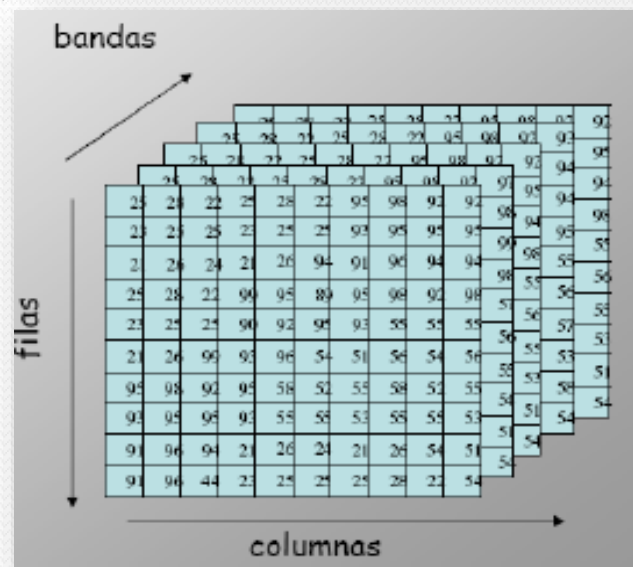
### IMAGEN DE SATÉLITE

Matriz o arreglo de datos  $\rightarrow M = M(i, j, \lambda)$

$i$  = filas

$j$  = columnas


$\lambda$  = bandas



Datos almacenados  $\rightarrow$  Número o Nivel Digital  $\rightarrow ND_{ij\lambda}$  o  $ND_{\lambda}^*$   
*proporcional a Radiancia recibida por el sensor de satélite*

*\*Rango de  $ND=2^n$ , donde  $n$  es el número de bits del sensor*





Tener en cuenta que todos los niveles de energía que puede detectar un sensor (resolución radiométrica) difícilmente se puedan discriminar visualmente.

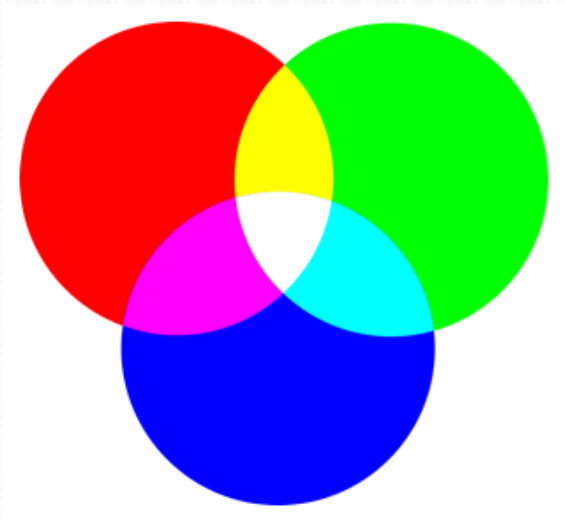
## 2) Color

Es un fenómeno completamente cerebral, una sensación asociada a la visión y resultante de la acción de la radiación lumínica sobre el ojo.

Los colores primarios o básicos son aquellos cuya combinación produce todos los demás. En pintura son el cyan, el magenta y el amarillo y en iluminación, el azul, el verde y el rojo. Cualquier otro color se puede obtener combinándolos en diferentes proporciones. Así, los secundarios se obtienen con mezclas.

## Colores primarios

Las mezclas aditivas u ópticas se obtienen sumando haces de luces de colores. El color resultante dependerá de la componente que se halle en mayor proporción y será más intenso que éstas.



Síntesis aditiva de colores primarios (rojo, verde y azul)

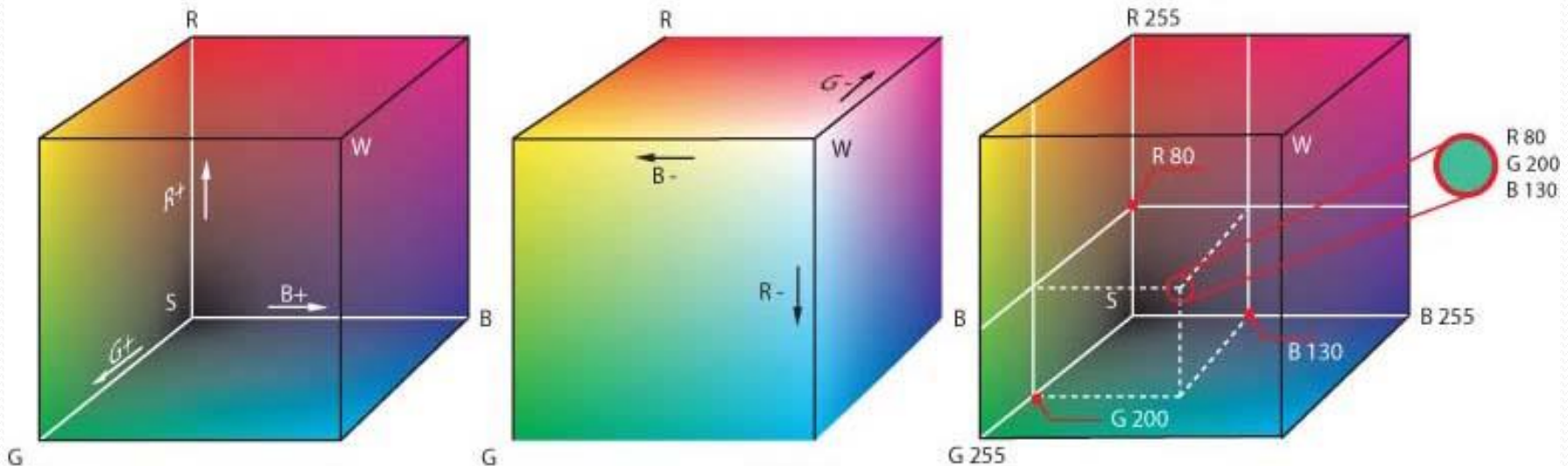


## Definición de colores

Un sistema utilizado para definir los colores es el RGB.

En el sistema RGB (Red, Green, Blue), usado en teledetección, un color está definido por la proporción de los tres colores primarios - rojo, verde y azul - empleados en la mezcla.

*Cuantificación del color en RGB (rojo verde azul):*



Un color cualquiera (C) queda definido por las tres coordenadas (r, g, b) tricromo mediante:  $C=rR+gG+bB$  donde r, g y b corresponde a la cantidad de color sobre la escala de trabaja en cada eje R, G, B.

Estos criterios se aplican a las composiciones color, en las cuales se asignan los colores primarios a tres bandas captadas por el sensor.

**RGB**: rojo, verde, azul = composición color natural

**RGB**: IRc, rojo, verde = composición falso color

### **Interpretación del falso color:**

Rojo-magenta: vegetación vigorosa

Rosa: áreas con vegetación menos densa o en condiciones no óptimas

Blanco: áreas de alta reflectividad (canteras, suelo desnudo, nubes, arena)

Negro: superficies con agua (se verán azul-verdosas si hay sólidos en suspensión)

Gris a azul metálico: ciudades, rocas

Azul-celeste: suelo desnudo seco, rocas

Verde-azulado: parcelas aradas o suelos con distinto contenido de humedad

Otras composiciones:

RGB: IRc, IRm, R

RGB: IRm, IRc, R

### **3) Textura**

Se refiere a la rugosidad o suavidad de un área de la imagen. El contraste espacial entre los elementos.

Surge del tamaño de los objetos y de la resolución espacial del sensor.

Inciden también el ángulo de observación e iluminación.

Muchas veces es importante para diferenciar vegetación implantada y natural.

### **4) Situación espacial**

Se refiere a la localización de los elementos y la relación con elementos vecinos (ej.: zona boscosa y vegetación fluvial).

### **5) Periodo de adquisición**

Es importante no sólo para análisis multitemporal de procesos, sino para definir características de la cubierta (ej.: cultivos de verano, invierno, fechas claves de productividad, época de excesos de agua).

*Comenzar el análisis de interpretación de lo general (zonas más contrastantes como urbanas, agua, agrícolas) a lo particular (ej.: zonas residenciales, parques).*

# Tratamiento digital de imágenes

Tratamiento digital de imágenes: manipulación con ayuda de una computadora de los datos de la matriz contenida en una imagen para los propósitos de corrección, perfeccionamiento y/o extracción de rasgos.

## Mejoras y realce de una imagen

El objetivo de las técnicas de mejoramiento o realce de imagen es procesar una imagen con el fin de hacerla más adecuada para una determinada aplicación o procesamiento posterior. Permiten incrementar la diferenciación visual de los objetos en la escena. El empleo de una u otra técnica depende por tanto del problema específico a resolver.

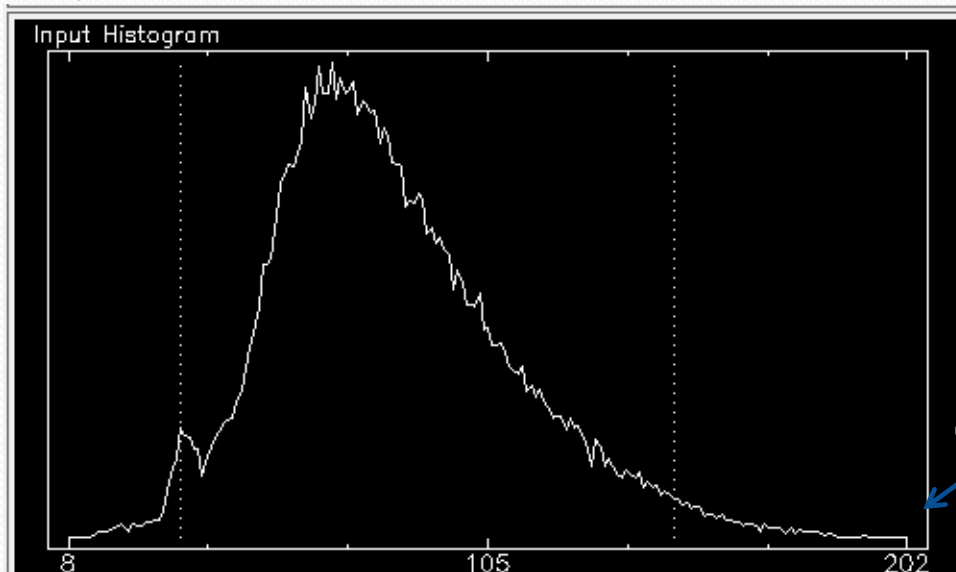
Los métodos de mejora de imagen se pueden dividir en dos campos diferentes: a) métodos en el dominio radiométrico o frecuencias (manipulación del contraste), b) métodos en el dominio espacial. Los primeros se basan en modificar el histograma de frecuencias de la imagen, mientras que los segundos se basan en manipulaciones directas sobre los valores de los píxeles de la imagen.

## a) Métodos en el dominio radiométrico

### Técnicas de análisis del histograma

Principalmente enfocadas a mejorar la visualización de una imagen. El histograma de una imagen es un gráfico que muestra las frecuencias para cada valor de la matriz de datos. En el eje de abscisas se representa el rango de valores de píxeles de la imagen, mientras que en el eje de ordenadas se representa el rango de frecuencias de esos valores. En él se observa tanto el contraste (rango entre máximo y mínimo del valor digital para cada pixel), como el nivel de radiación.

*También en base a ese histograma se puede hacer un recorte por rangos de valores y posteriormente asignar distintos colores a distintas coberturas (ej.: density slice).*



Los valores de ND sólo ocupan un rango de lo que puede brindar el sensor (0-255)



La expansión del contraste consiste en que, dado un rango de valores de grises en la imagen ( $ND_{max} - ND_{min}$ ) menor que el rango disponible por nuestro dispositivo de visualización ( $ND'_{max} - ND'_{min}$ ), estaremos perdiendo contraste (entendido éste como relación entre los valores máximo y mínimo de una imagen). Visualmente es claro el efecto, al observar que no existe mucha diferencia entre los tonos más claros y más oscuros.

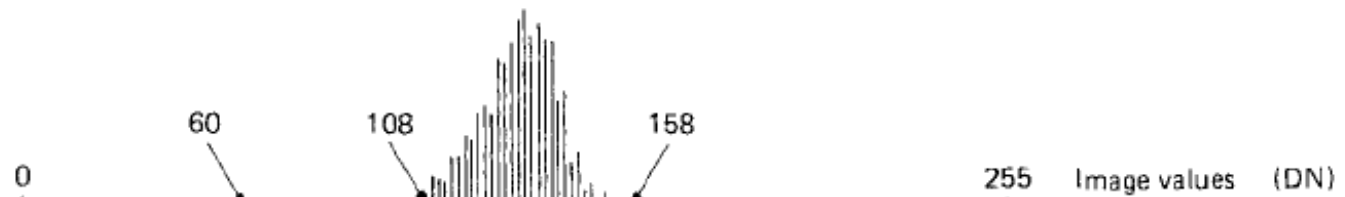
Mediante distintas operaciones matemáticas podemos transformar esos valores de grises en otros con un rango mayor que se adapte plenamente a la capacidad del dispositivo de visualización.



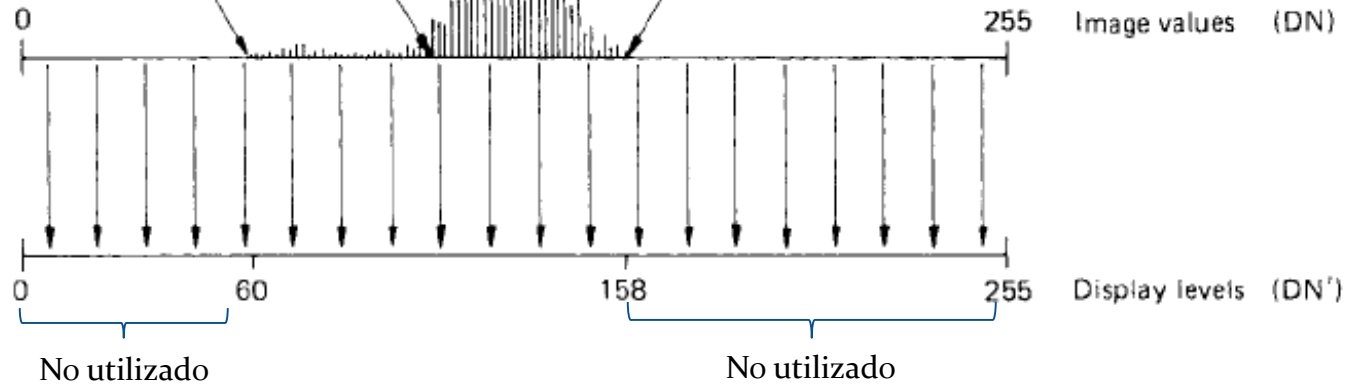
## Sub-aprovechamiento visual

Expandimos los niveles de grises en base a los valores de la imagen (60 y 158)

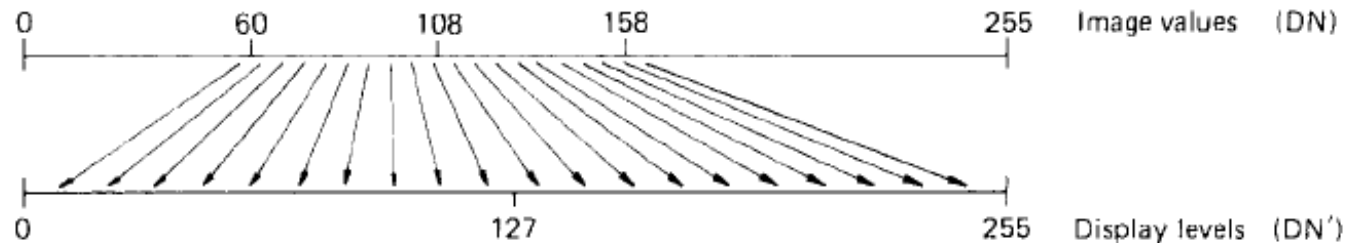
(a) Histogram



(b) No stretch



(c) Linear stretch



## Ajuste lineal del histograma

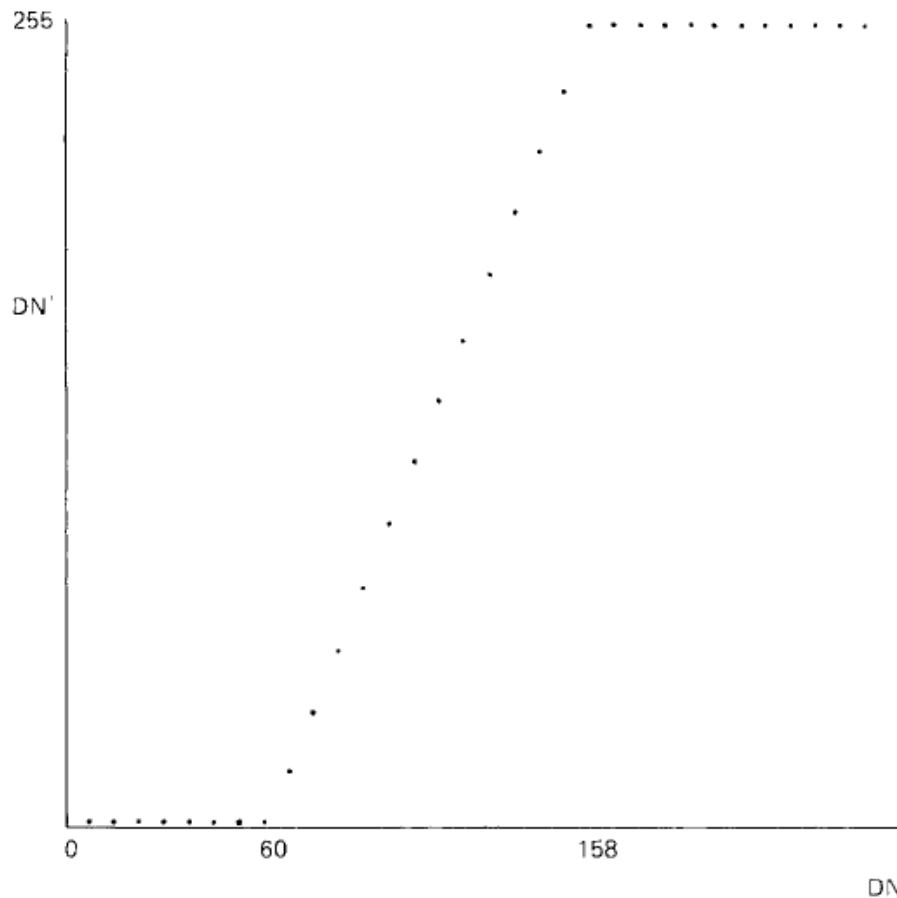
Es la forma más sencilla de afectar el contraste. Consiste en aplicar una función lineal que transforme el rango  $ND_{min}$  y  $ND_{max}$  en  $ND'_{min}$  a  $ND'_{max}$ , por lo tanto  $ND_{max} = ND'_{max}$  y  $ND_{min} = ND'_{min}$ . El resto de valores  $ND$  serán transformados en otros según esa transformación lineal:



$$DN' = \left( \frac{DN - \text{MIN}}{\text{MAX} - \text{MIN}} \right) 255$$

$$ND' = a + b \cdot ND$$

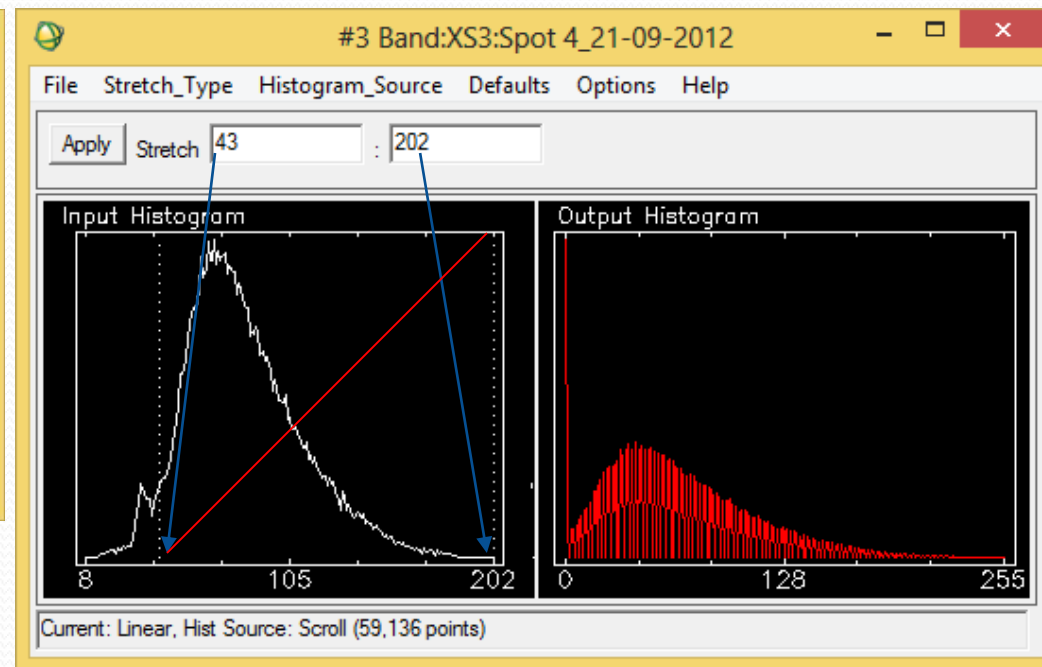
donde  $a$  es un offset y  $b$  una ganancia.



Desventaja: no tiene en cuenta la distribución de frecuencias de los ND

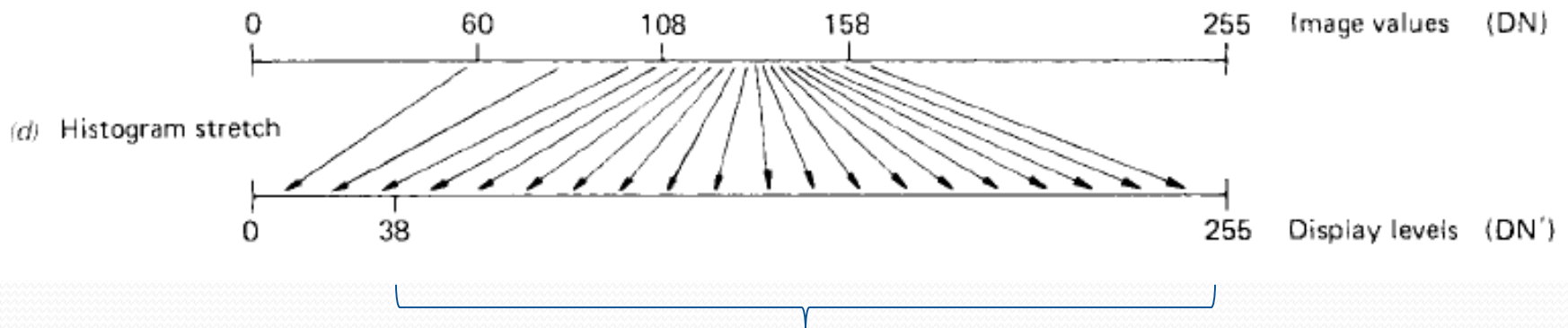
## Ejemplo de ajuste lineal

Ajuste lineal sobre la banda XS<sub>3</sub> del sensor SPOT 4, 21/09/2012



## Ajuste del histograma por ecualización

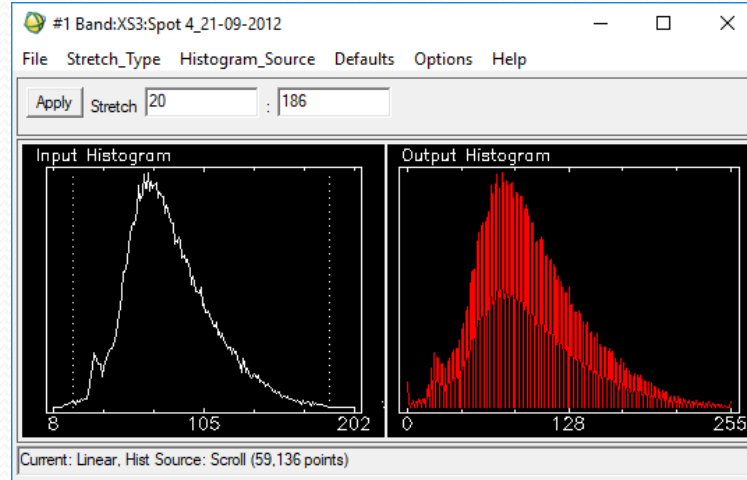
El estiramiento lineal sólo tiene en cuenta como parámetros los valores máximo y mínimo del histograma original. La ecualización considera también la forma de la distribución de frecuencias. Así, el ND' está en proporción no sólo a su correspondiente valor ND, sino también a su frecuencia, esto es, al número de píxeles con ese determinado valor. Aquellos ND con mayor número de píxeles serán los que proporcionalmente ocupen un mayor rango de visualización.



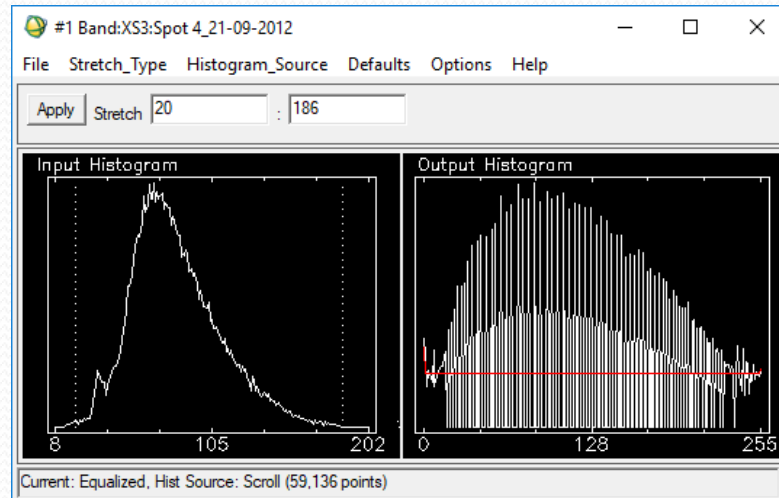
ND entre 109 y 158 están ahora desplegados en un rango de 39 a 255

# Ejemplo de ecualización

## Aplicación de ecualización a la banda XS<sub>3</sub> SPOT 4



*Lineal*



*Ecualización*

Resultado visual mucho más 'brusco'.

*Explorar en el software distintos ajustes del histograma*  
Ir a ejercicio 3 del TP

## b) Métodos en el dominio espacial

Se basan en manipulaciones directas sobre los valores de los píxeles de la imagen.

### Filtros espaciales

Filtrado espacial es la operación que se aplica a imágenes raster\* para resaltar o suprimir detalles espaciales con el fin de mejorar la interpretación visual.

Ejemplos comunes incluyen aplicar filtros para mejorar los detalles de bordes en imágenes, o para reducir o eliminar patrones de ruido.

Filtrado espacial es una operación "local" en procesamiento de imagen en el sentido de que modifica el valor de cada píxel de acuerdo con los valores de los píxeles que lo rodean; se trata de transformar los ND originales de tal forma que se parezcan o diferencien más de los correspondientes a los píxeles cercanos.

*\*Raster: imagen de satélite compuesta por celdas denominadas píxeles que cubren un área determinada de la superficie de la tierra. Una imagen raster es una matriz de datos.*

*Vector: están compuestos por puntos, líneas y polígonos*

## Funcionamiento de un Kernel\* de convolución

El filtrado espacial se realiza trasladando una matriz rectangular de dos dimensiones (también llamada ventana) que contiene "pesos" o ponderaciones sobre la imagen en cada localización de píxel. Se evalúa el píxel central de la ventana de acuerdo con los píxeles de alrededor y sus valores de ponderación. Cuando un nuevo valor es así calculado, se desplaza la ventana sobre el siguiente píxel, realizando la misma operación. Este proceso de evaluar la vecindad ponderada del píxel se denomina "convolución bidimensional", y a la matriz de filtro se le conoce como "kernel de convolución".

En definitiva, se trata de multiplicar dos matrices (imagen original) y un filtro o matriz que va recorriendo toda la imagen digital.

*\*Kernel: arreglo de pesos o coeficientes, normalmente de tamaño 3x3, 5x5, 7x7. Esta ventana de valores se va moviendo y multiplicando los valores de la imagen.*



El filtrado espacial enfatiza o suaviza la frecuencia espacial.

**Frecuencia espacial:** define la magnitud de cambios de los datos (ND, reflectividades, etc.) por unidad de distancia en una determinada zona de la imagen. Se refiere a la rugosidad de la variación tonal en la imagen.

Áreas de la imagen con pequeños cambios o con transiciones graduales en los valores tonales se denominan áreas de bajas frecuencias (ej.: superficie de una masa de agua en reposo, grandes zonas agrícolas). Áreas de grandes cambios en cortas distancias o transiciones bruscas se conocen como áreas de altas frecuencias (ej.: suelo urbano con densas redes de carreteras). Así, los filtros espaciales se pueden dividir en:



## *Categorías de filtros*

1) Filtros pasa bajos

2) Filtros pasa altos

3) Filtros detectores de bordes: Roberts, Sobel, Laplaciano, Direccional

4) Filtros morfológicos

## 1) *Filtros pasa bajos*

Enfatizan las **bajas frecuencias**, suavizando las altas frecuencias (detalles locales) y **suprimiendo ruidos**. Se trata de asemejar el ND de cada píxel al ND de los píxeles vecinos, reduciendo la variabilidad espacial de la imagen y contraste. Ello produce un efecto de borrado de los bordes, perdiéndose nitidez visual de la imagen, pero ganando en homogeneidad.

- Filtro pasa-bajo de media. Hace una media aritmética de los píxeles del kernel definido.

Ejemplo de un kernel de media de 3x3 píxeles:

$$g(x, y) = \frac{1}{9} * \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix}$$

## Ejemplo de filtro pasa bajos de media

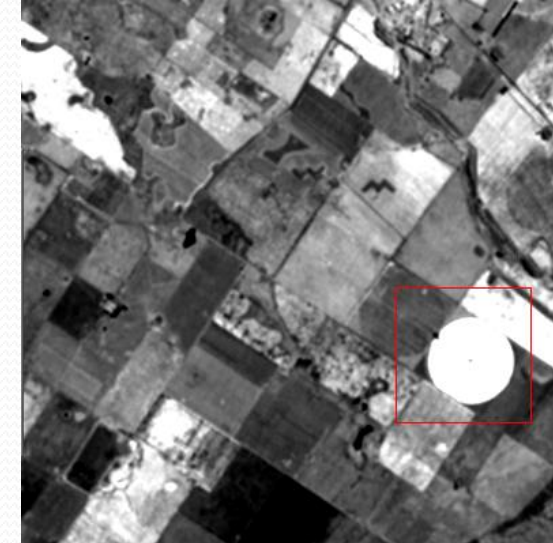
Imagen original (sensor ASTER banda 3)



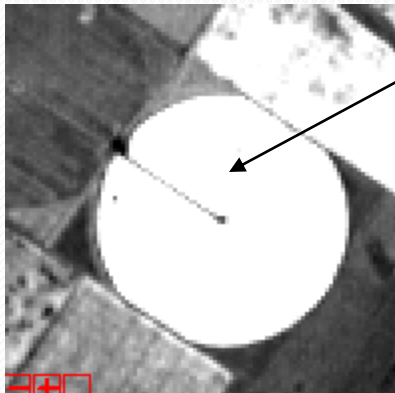
El filtro hace una media aritmética de los 9 píxeles

1.0000	1.0000	1.0000
1.0000	0.0000	1.0000
1.0000	1.0000	1.0000

Imagen con filtro Kernel 3x3

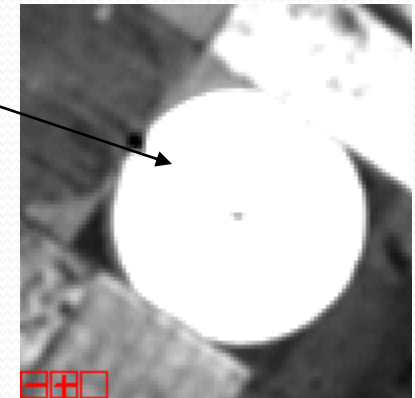


Ampliación



El resultado es la reducción de los píxeles espurios.

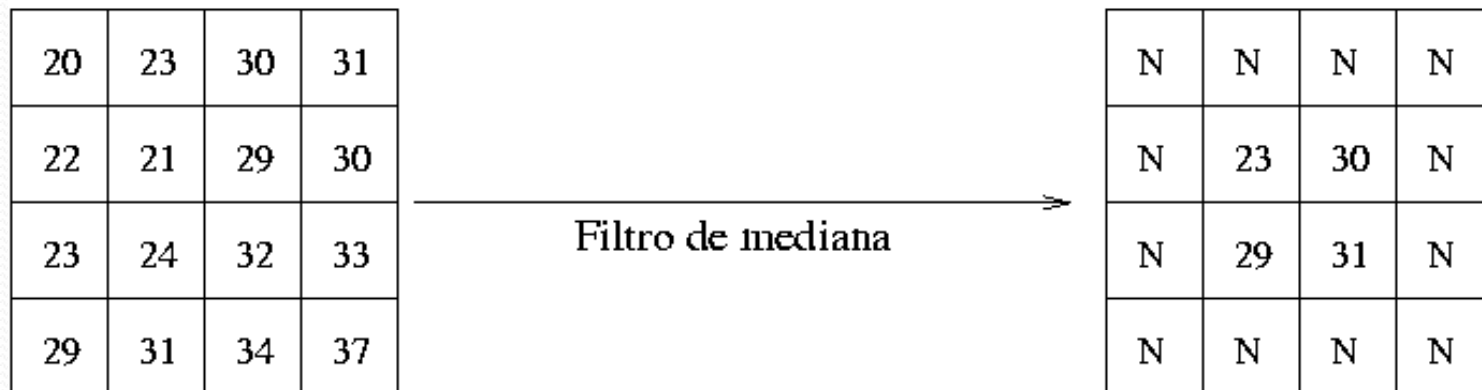
Ampliación



- Filtro pasa bajos de mediana. Aplica la mediana en vez de la media. Como la mediana es menos sensible a valores extremadamente desviados, presenta la ventaja de que se modifican menos los valores originales, ya que la mediana es en principio, uno de los valores concretos de la ventana de filtrado.

Se suele emplear para eliminar el ruido aleatorio.

Este filtro consiste en la sustitución del valor del pixel central del kernel por la mediana de todos los valores que forman dicho kernel.



## Ejemplo pasa bajos (mediana)

Imagen original (sensor ASTER banda 3)

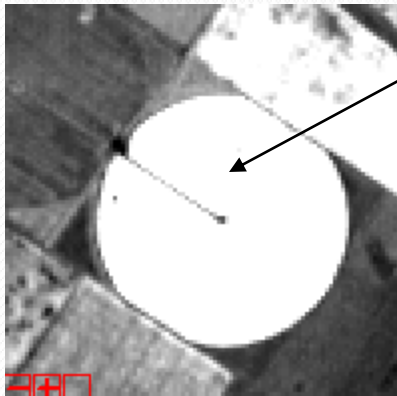


El filtro hace la mediana de los 9 píxeles

Imagen filtrada

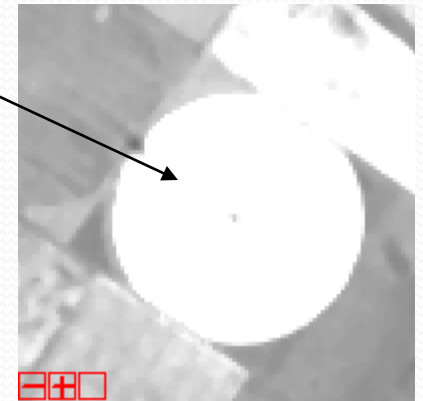


Ampliación



Resultado: menor sensibilidad a los valores extremos.

Ampliación



## 2) *Filtros pasa altos*

Enfatizan las altas frecuencias, para mejorar o resaltar las características texturales y lineales como carreteras, fallas, o límites en general. Eliminan las bajas frecuencias, por lo tanto realizan el efecto contrario a los filtros pasa-bajos.

Muy usados para detectar bordes o límites.

Ejemplo:

-1.0000	-1.0000	-1.0000
-1.0000	8.0000	-1.0000
-1.0000	-1.0000	-1.0000



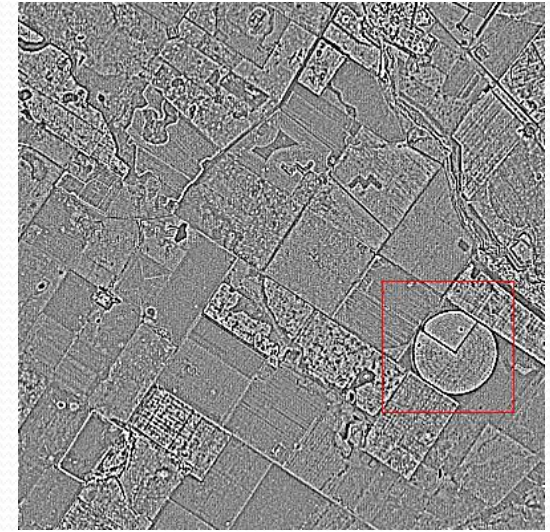
## Ejemplos filtro pasa altos

Imagen original (sensor ASTER banda 3)

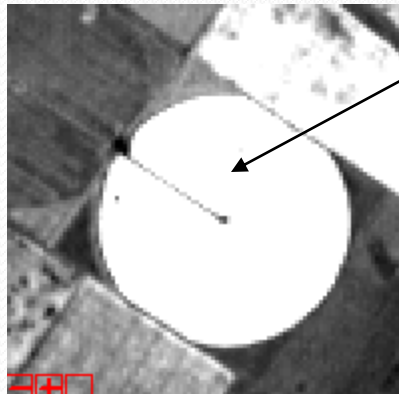


Filtro 3 x 3 pasa altos.

Imagen filtrada

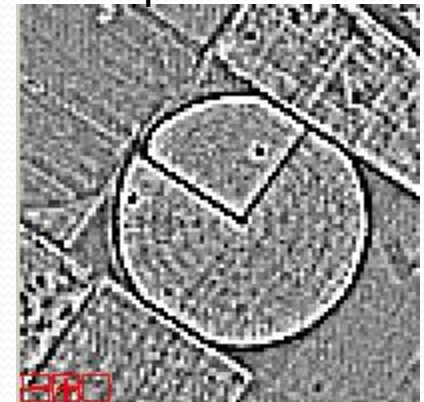


Ampliación



Extracción de información no visible de elementos lineales.

Ampliación



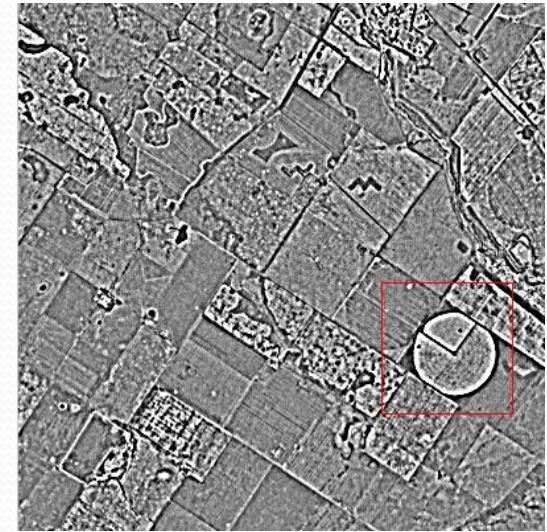


# Imagen original (sensor ASTER banda 3)

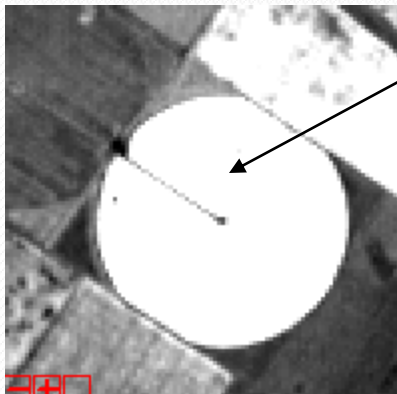


Filtro 7 x 7 pasa altos.

-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000
-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000
-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000
-1.0000	-1.0000	-1.0000	48.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000
-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000
-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000
-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000

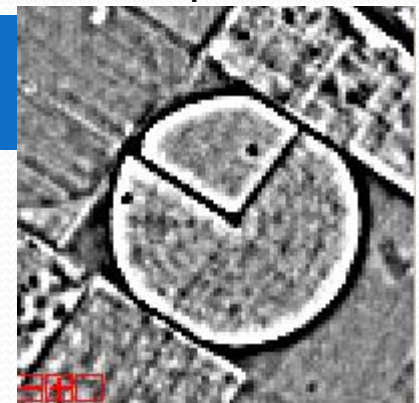


Ampliación



Extracción de información no visible de elementos lineales.

Ampliación



### 3) *Filtros de detección de bordes*

Realizan otro tipo de operaciones con los datos, pero siempre con el objetivo de enfatizar los bordes que rodean a un objeto en una imagen, para facilitar su análisis.

Estos filtros típicamente dan como resultado una imagen con fondo gris y líneas blancas y negras rodeando los bordes de los objetos y características de la imagen.

- **Laplaciano**. Enfatiza los valores máximos usando un kernel con un valor central alto rodeado de valores negativos en dirección norte-sur, este-oeste y ceros en las esquinas.

0.0000	-1.0000	0.0000
-1.0000	4.0000	-1.0000
0.0000	-1.0000	0.0000

- **Sobel, Roberts**. Son detectores no lineales de bordes.

- **Filtro direccional.** Permite extraer bordes en una determinada dirección, mientras que los bordes en el resto de direcciones no se ven tan resaltados. Se utilizan para detectar estructuras que siguen una determinada dirección en el espacio resaltando el contraste entre los píxeles situados a ambos lados de la estructura.

A	H
V	D

Ej.: un filtro diagonal resultaría de sustraer:  $ND_{\text{pixel D}} - ND_{\text{pixel A}}$

Aplicación de filtro de 45°



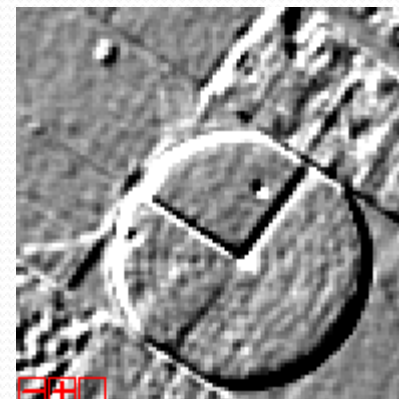
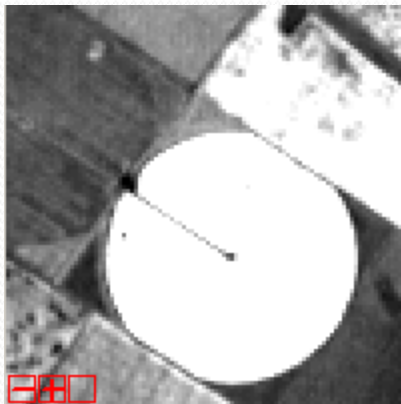
Kernel Size 3 x 3

Image Add Back (0-100)% 70

Editable Kernel:

-1.4142	-0.7071	0.0000
-0.7071	0.0000	0.7071
0.0000	0.7071	1.4142

% de la imagen original que es incluida en la imagen resultado

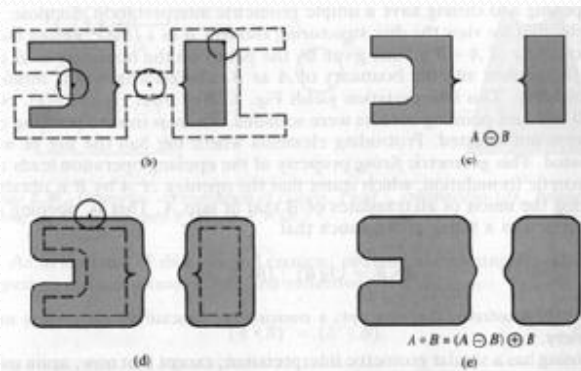


## 4) Filtros morfológicos

Filtros morfológicos o morfología matemática: es un método no lineal de procesar imágenes basándose en la forma (útil para la forma y tamaño de objetos). Su principal objetivo es la cuantificación de estructuras geométricas. Pueden ser útiles para detectar distintas texturas. Aquí los filtros también vienen definidos por su kernel, pero no es un kernel de convolución sino un elemento estructural (cuadrado estructural).

*Ejemplos:*

- Apertura: rompe istmos y elimina protuberancias
- Cierre: funde brechas y elimina pequeños agujeros



*Ejemplo de filtro de apertura*