



Institución
Universitaria
Reacreditada en Alta Calidad

VISIÓN ARTIFICIAL

CARLOS ANDRÉS MERA BANGUERO, PHD

carlosmera@itm.edu.co

PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

www.itm.edu.co

EXTRACCIÓN DE CARACTERÍSTICAS

Introducción

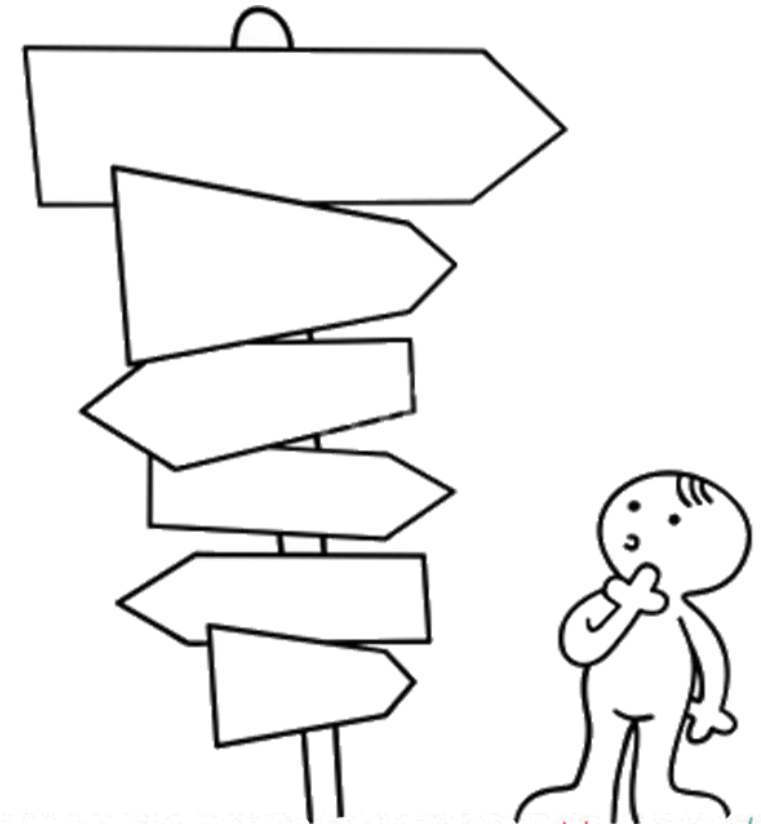
Características de Forma

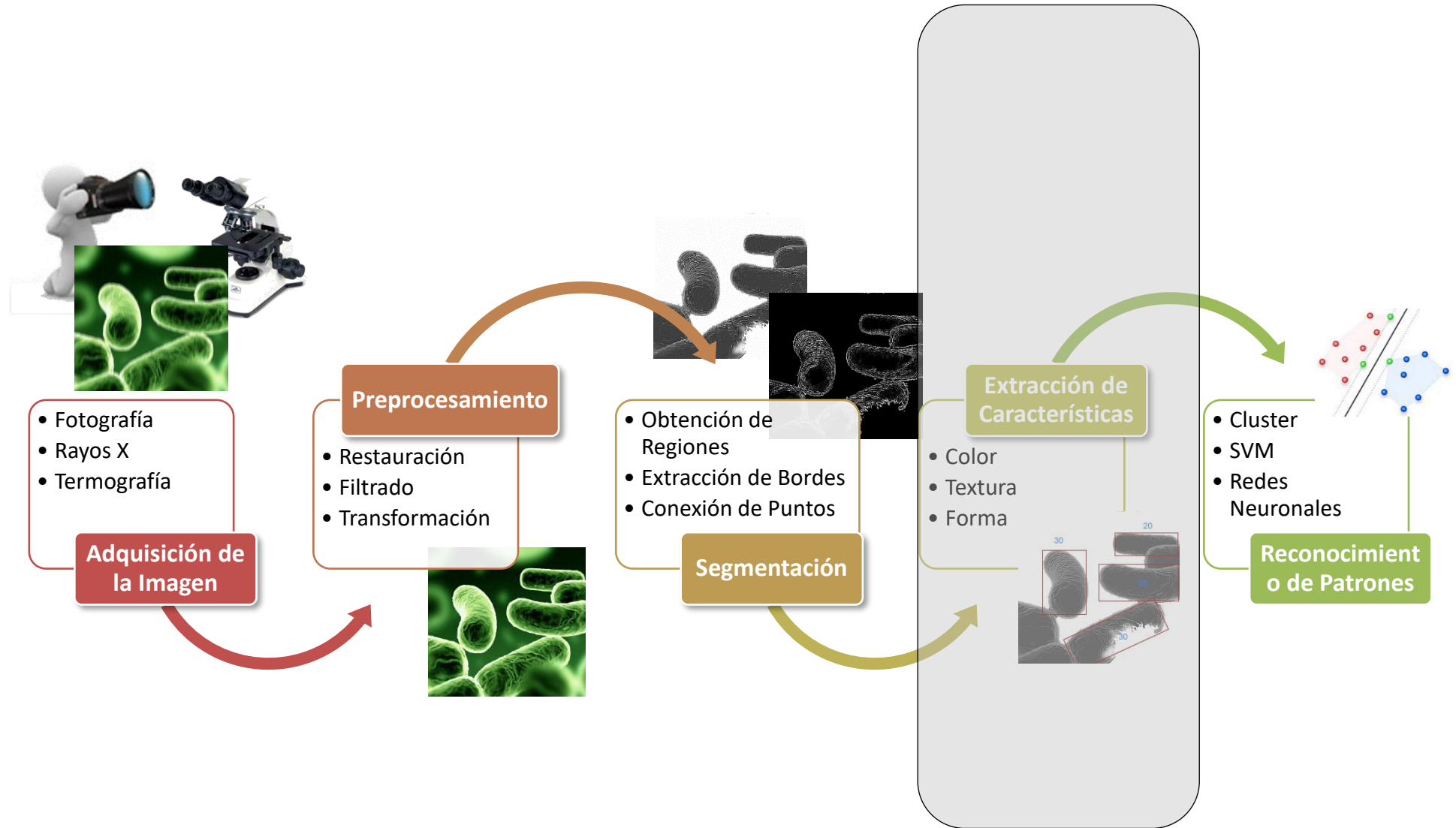
- ✓ Medidas Generales de Forma
- ✓ Descripción de Contornos
- ✓ Momentos Espaciales y Descriptores de Fourier

Características de Textura

- ✓ Análisis Estructural
- ✓ Análisis Estadístico
- ✓ Análisis en el Dominio de Fourier

Análisis de Componentes Principales



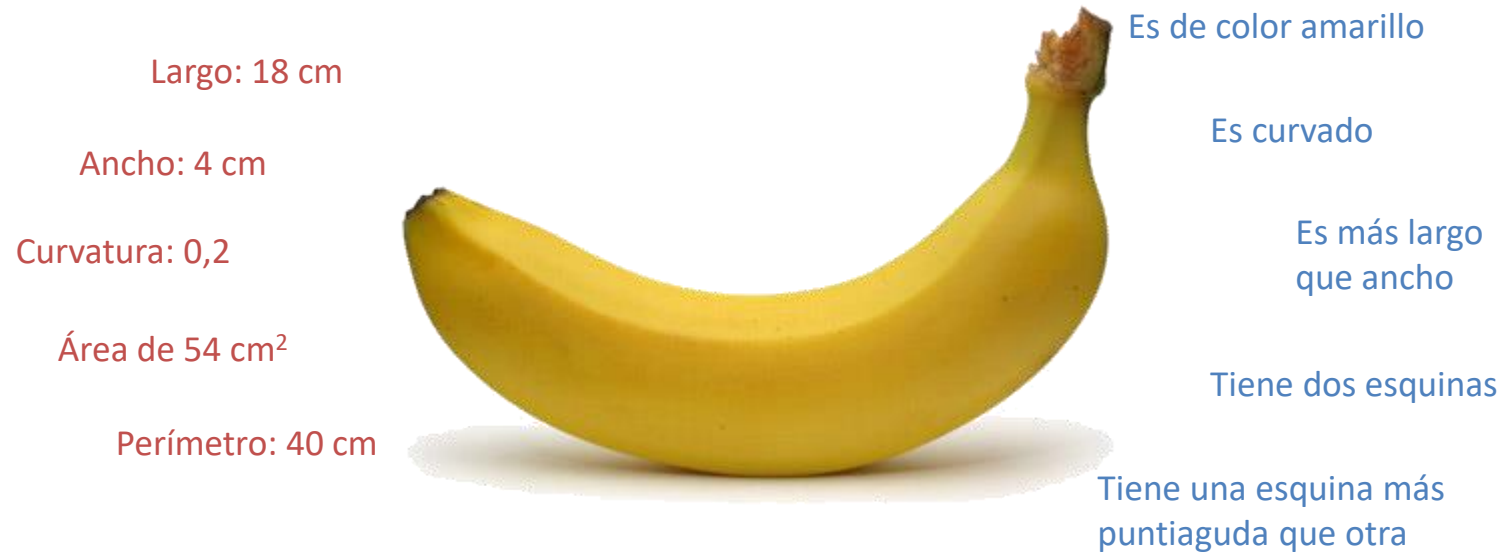




INTRODUCCIÓN

🚀 INTRODUCCIÓN

- 🎯 Para *reconocer objetos* en las imágenes es necesario encontrar *alguna forma de describirlos*. Por ejemplo, ¿Cómo le puede describir este objeto a alguien que no lo está viendo, teniendo en cuenta solo características visuales?.



- 🎯 La descripción de los objetos se hace a través de **CARACTERÍSTICAS** que podemos medir de los mismo.

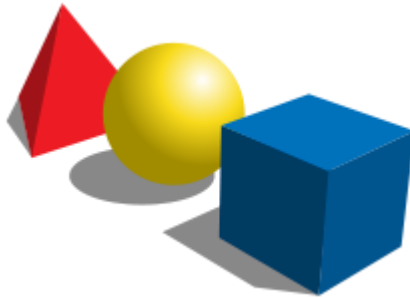
INTRODUCCIÓN

- Estas **características** permiten definir *vectores de características* que se usan para describir los objetos de la imagen. Así, una característica no es más que alguna medida que se realiza sobre un objeto o la región de una imagen.
- Algunas de las características principales extraíbles de los objetos (o de las regiones segmentadas) en una imagen, utilizadas en la etapa de reconocimiento son:

 La Forma

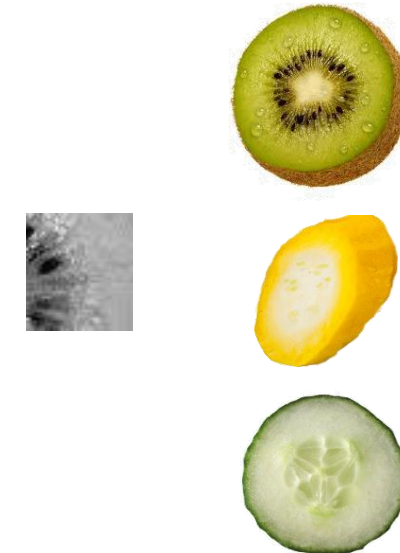
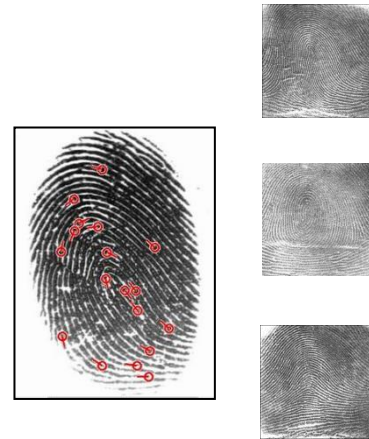
 El Color

 La Textura










EXTRACCIÓN DE CARACTERÍSTICAS

EJEMPLOS DE CARACTERÍSTICAS






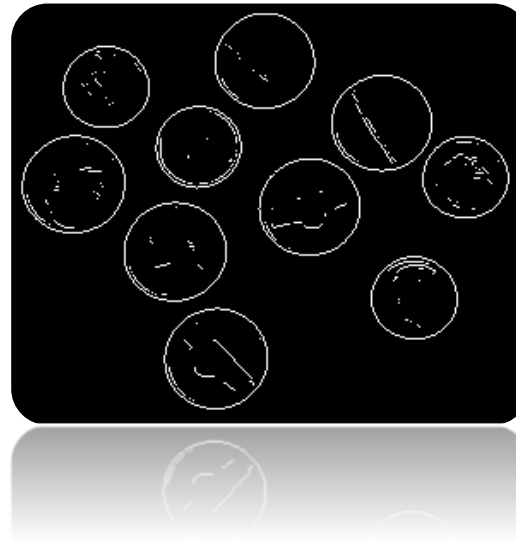
INTRODUCCIÓN

 Se espera que las **CARACTERÍSTICAS** sean:

-  **Discriminantes:** lo que significa que las características deben servir para *diferenciar* objetos de clases distintas.
-  **Robustas:** Su extracción debe ser *insensible* al ruido de captura e iluminación
-  **Invariantes a las transformaciones**, es decir, los valores de esas características deben ser independientes de:
 -  La Traslación (independencia de la posición)
 -  Rotación y escalado (independencia de la orientación y el tamaño)
 -  Transformación no lineales de deformación (perspectiva)
-  **Rapidez de cálculo:** se deben obtener en un tipo aceptable que depende de la aplicación.

INTRODUCCIÓN

-  Las **características** que se pueden obtener en un objeto pueden ser clasificadas, inicialmente, en:
-  **Externas:** características que se miden con respecto a los contornos de los objetos. Estas son muy apropiadas cuando el foco principal de la diferenciación es la *forma*.
 -  **Internas,** son características que se obtienen de la información de los píxeles que engloban una región. Son apropiadas cuando el objeto principal de diferenciación son propiedades como el *color* y la *textura*.





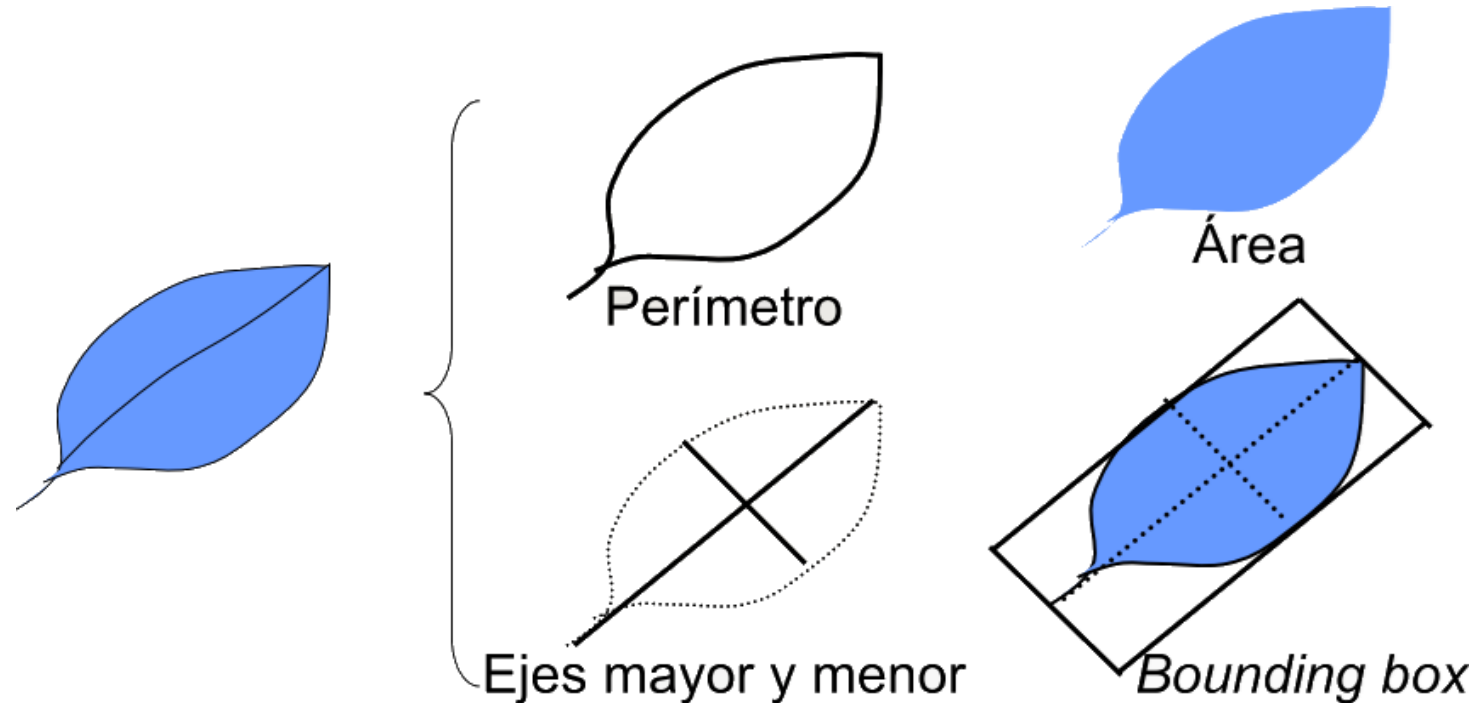
DESCRIPTORES GENERALES SOBRE LA FORMA

🚀 DESCRIPTORES GENERALES DE FORMA

- 🕒 Definir **la Forma** de un objeto puede resultar difícil (verbalmente o gráficamente). La forma puede considerarse como la *figura exterior (o geometría)* de un objeto.
- 🕒 Es posible describir una forma de un objeto en 2D por medio de algunas de sus propiedades:
 - 🌀 Área
 - 🌀 Perímetro
 - 🌀 Diámetro
 - 🌀 Distancias: máxima y mínima al centro de masas, media al contorno,...
 - 🌀 Ejes mayor y menor, ángulo del eje mayor
 - 🌀 Envoltente (bounding box)
 - 🌀 Número de agujeros
 - 🌀 Ratios: redondez, $\text{areaAgujeros}/\text{areaTotal}$, ...

🚀 DESCRIPTORES GENERALES DE FORMA

🕒 Gráficamente, algunas de estas características se ven así:



Sin Embargo, ¿Cómo se calculan? y ¿a Partir de qué tipo de imágenes se calculan?

🚀 DESCRIPTORES GENERALES DE FORMA

- 🕒 El **Perímetro** se pueden definir con base en los **contornos** de los objetos y se calcula como el número de píxeles que forman el contorno de la forma, por lo que el resultado varía con el tipo de conectividad que se usa.

🌀 Procedimiento:

- ✓ Se obtiene el contorno binarizando del objeto
- ✓ Se cuentan cuantos píxeles hacen parte del objeto.

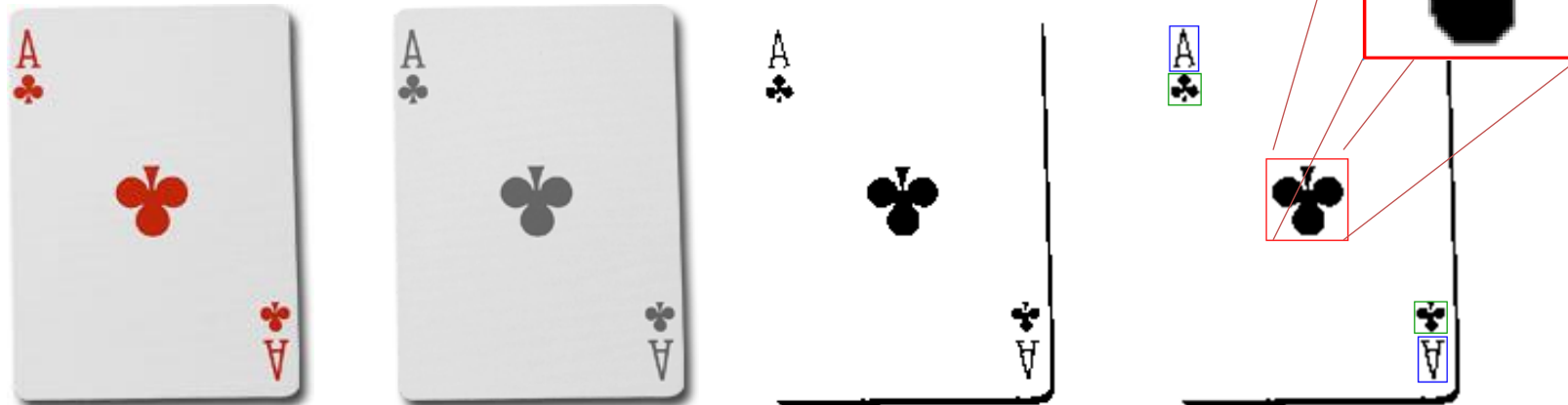


🚀 DESCRIPTORES GENERALES DE FORMA

- 🌐 El **Área** se puede calcular a partir de los *contornos* de los objetos o a partir de la segmentación en regiones de los mismos (el segundo caso es más útil).

🌀 Procedimiento:

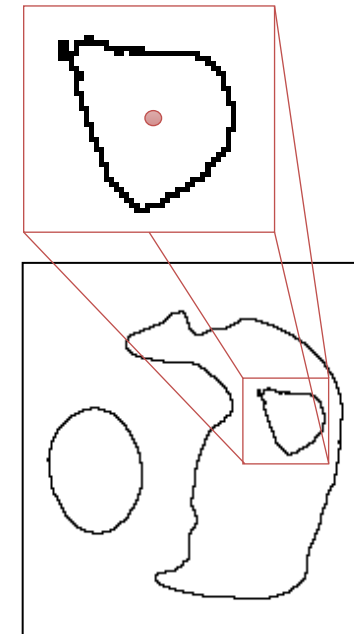
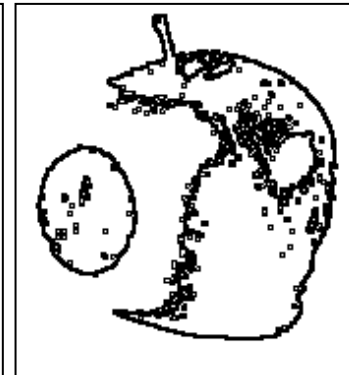
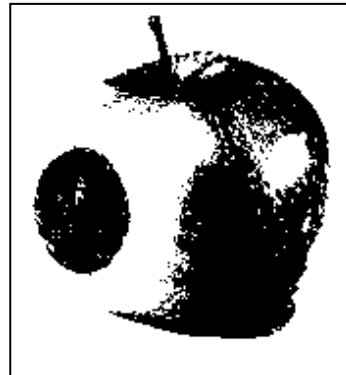
- ✓ Se segmenta la imagen, se obtiene el objeto
- ✓ Se calcula el número de píxeles del objeto



DESCRIPTORES GENERALES DE FORMA

- El **Centroide o Centro de Masa** se calcula como el promedio de los valores de las coordenadas de los puntos del contorno del objeto.

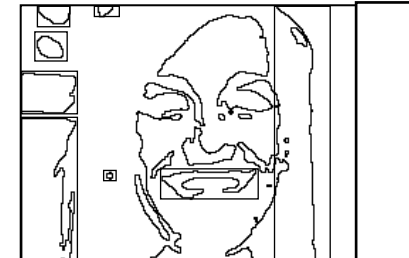
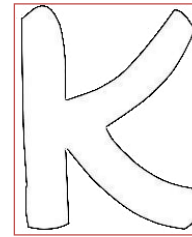
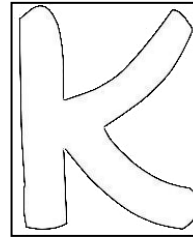
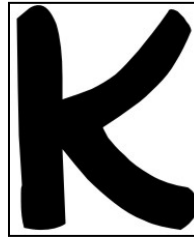
$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} \quad \bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^N y_i}{N}$$





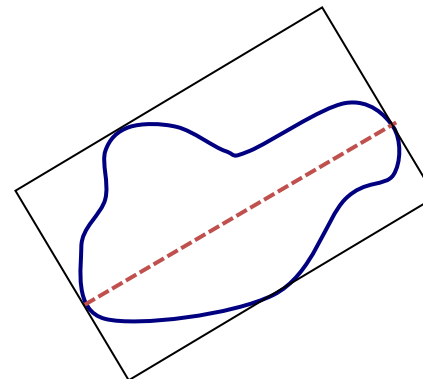
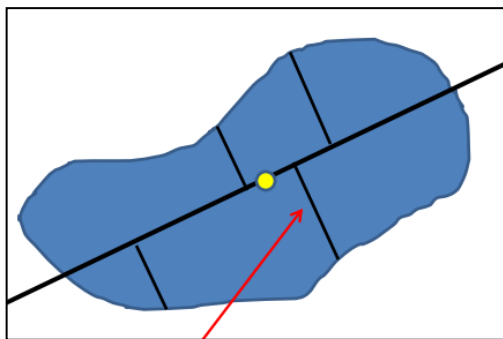
DESCRIPTORES GENERALES DE FORMA

La **Caja de Feret** o *rectángulo envolvente* es el aquel que se obtiene con las coordenadas (x_{\min}, y_{\min}) y (x_{\max}, y_{\max})

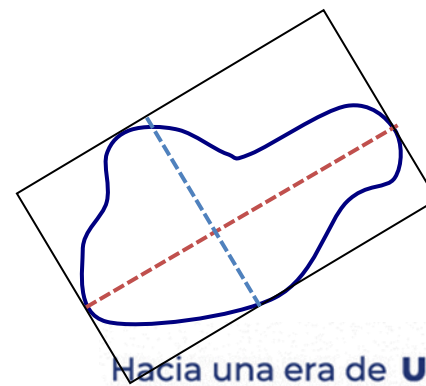
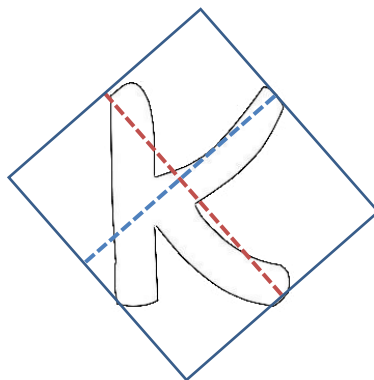
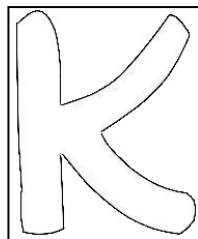
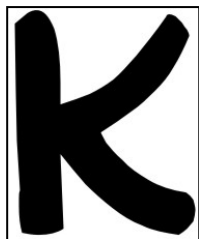


DESCRIPTORES GENERALES DE FORMA

- El **Eje Mayor (o Diámetro)** es la *distancia* mayor entre dos puntos cualquiera de la forma, se calcula con base en los contornos.

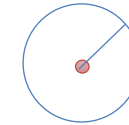
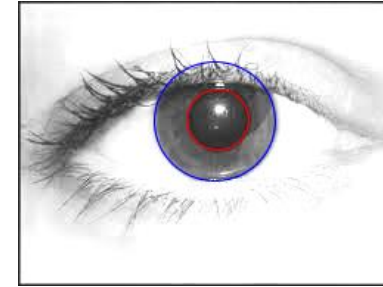
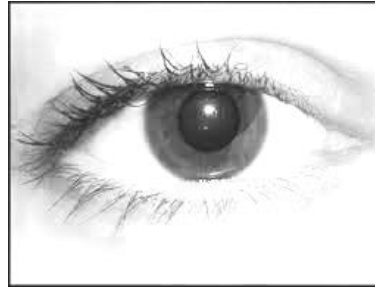


- El **Eje Menor** tiene la característica de ser perpendicular al eje mayor. El eje menor y mayor definen los lados del MER (**Maximally Extremal Region**).



DESCRIPTORES GENERALES DE FORMA

- La **Distancia Máxima y Mínima** entre el centroide y los puntos del contorno



- La **Distancia Media del Contorno** se define así: sea f una forma con N puntos, sea p , un punto tal que $p \in f$, y $d(p, \text{contorno}(f))$ se define como la distancia mayor entre p y todos los puntos del contorno, entonces la distancia media al contorno (β) se calcula como:

$$\beta = (\sum d(p, \text{contorno}(f))) / N$$

DESCRIPTORES GENERALES DE FORMA

🕒 Otros descriptores de forma son los **Ratios** entre las medidas anteriores. Sean P y A, el perímetro y el área de un objeto, respectivamente. Algunos **ratios de forma** son:

🌀 **Compacidad:** P^2 / A

🌀 **Redondez:** $4\pi (A/P^2)$ (medida inversamente proporcional a la compacidad)

🌀 **Relación área/perímetro:** A/P

🌀 **Rectangularidad:** $A/\text{area(MRE)}$

🌀 **Elongación (o Excentricidad):** M/N (siendo M el eje mayor y N el eje menor)

🚩 DESCRIPTORES GENERALES DE FORMA

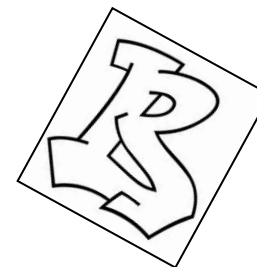
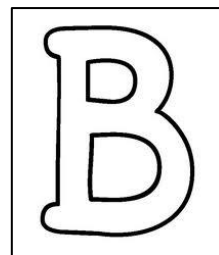
- 🌀 Dentro de los descriptores de forma también se habla de **descriptores topológicos**, los cuales consideran las propiedades que *no se afectan* por deformaciones y transformaciones geométricas.



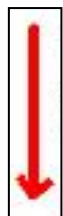
DESCRIPTORES GENERALES DE FORMA

- Los **descriptores topológicos** permiten describir globalmente algunos *aspectos estructurales* (no métricas) de un objeto. Algunos descriptores de este tipo son:

- El **número de agujeros** n_a del objeto,



- El número de **componentes conexas** n_c (aplicado a objetos compuestos)



- El número de Euler E que se define como: $E = n_a - n_c$



$E=1$



$E=0$



$E=-1$

Hacia una era de **Universidad y Humanidad**



DESCRIPTORES DE CONTORNOS

DESCRIPTORES BASADOS EN CONTORNOS

Existen otros tipos de descriptores que no son de forma pero que **se calculan con base en los Contornos**, algunos de ellos son:

- Los códigos de cadena:** se definen partiendo de un píxel cualquiera del contorno y encadenando la dirección en que se encuentran los puntos adyacentes del contorno mediante un convenio de seguimiento establecido. Se consigue así una cadena de símbolos que determinan unívocamente al objeto, que es invariante a traslaciones.

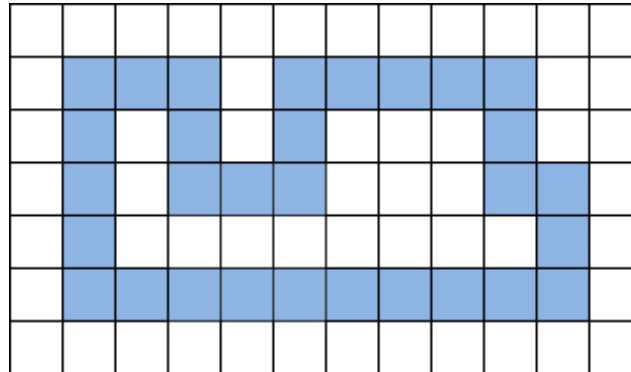
	1	
2	↕	0
	3	

3	2	1
4	↕	0
5	6	7

Direcciones del código de cadena usando conectividad 4 y 8, respectivamente.

🚀 DESCRIPTORES BASADOS EN CONTORNOS

🕒 ¿Cuál es el código de cadena del siguiente contorno?



🚩 DESCRIPTORES BASADOS EN CONTORNOS

- 🌀 **Los Códigos de Cadena (continua):** Una característica medible en los códigos de cadena consiste en contar el número de veces que aparece cada uno de los códigos posibles y dividir por el número total de códigos de la descripción:

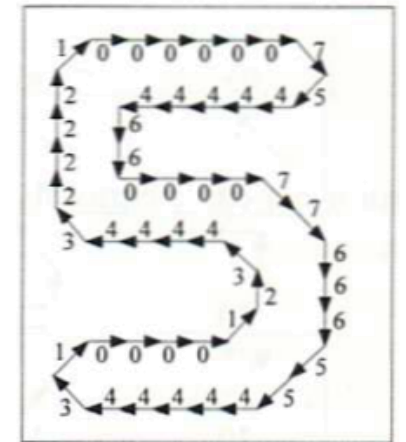
$$f_i = \frac{\# \text{ vece que aparece el código } i \text{ en la cadena}}{\# \text{ total de códigos de la cadena}}, i = 0, \dots, 7$$

- 🌀 También se puede determinar la distancia correspondiente a un mismo código y dividir por la distancia total (los códigos impares tienen distancia $\sqrt{2}$), p.e. para el caso anterior:

▪ Cadena= 00000075444446600007766655444443100001234444322221

▪ Longitud de Cadena = 50

▪ $f_i = \frac{1}{50} (14, 3, 5, 3, 14, 3, 5, 3)$

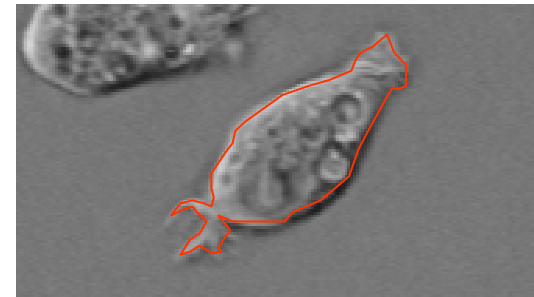


🚀 DESCRIPTORES BASADOS EN CONTORNOS

- 🌀 **Conjunto de puntos característicos (Landmark Points):** el contorno se describe mediante una colección de puntos (sin orden) que se suelen calcular con detectores de esquinas como Harris-Detector.



- 🌀 **Aproximación mediante curvas:** un conjunto de primitivas geométricas se ajustan al contorno. Algunos ejemplos son: aproximaciones poligonales, arcos circulares y elípticos, B-splines, entre otros.

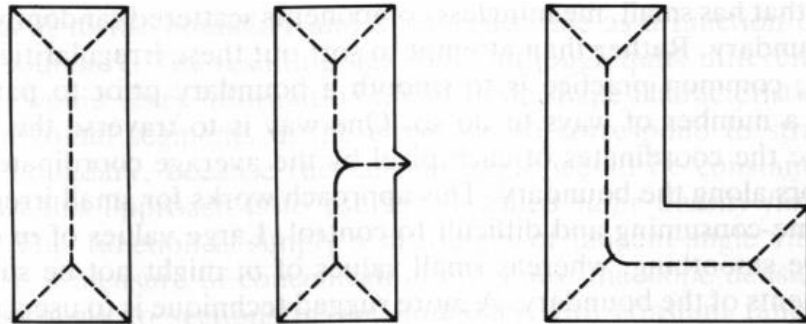




DESCRIPTORES DE REGIONES

DESCRIPTORES BASADOS EN REGIONES

- Existen otros descriptores que se calculan con respecto a la región del objeto, el más significativo de estos descriptores es el esqueleto de la región, el cual permite reducir una forma a un grafo. Esta estructura se obtiene mediante un “adelgazamiento” (thinning) de la forma.
- Un método sencillo para obtener el esqueleto de una forma R con contorno C es como sigue:
 - 1- Para cada punto $p \in R$, se busca su vecino más cercano en C ,
 - 2- Si p tiene más de un vecino en C se dice que pertenece al esqueleto (o eje central) de R .



🏆 DESCRIPTORES BASADOS EN REGIONES

- 🕒 Un descriptor de regiones bastante usado es de los **Momentos Espaciales** los cuales son *medidas estadísticas* que se calculan con base en los puntos interiores de la región.

Para una función $f(x,y)$ continua en 2D, se define el momento de orden $(p+q)$ como:

$$m_{pq} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} x^p y^q f(x,y) dx dy$$

En una imagen esta formula se simplifica a la forma:

De tal forma que el **momento central de orden** $(p+q)$ de una imagen es:

$$m_{pq} = \sum_x \sum_y x^p y^q I(x,y)$$
$$\mu_{pq} = \sum_x \sum_y (x - \bar{x})^p (y - \bar{y})^q I(x,y)$$



DESCRIPTORES BASADOS EN REGIONES

- 🌀 **Momento Espacial de Orden Cero:** Es la suma de los valores de brillo de los píxeles del objeto. Corresponde al área del objeto en imágenes binarias.

$$m_{00} = \sum_x \sum_y I(x, y)$$

- 🌀 **Momentos Espaciales de Orden Uno:** Corresponden a las sumas en la direcciones x e y, respectivamente, de los valores de brillo de los píxeles del objeto, cada una de ellas multiplicada por su respectivo valor de coordenada x o y en la imagen.

$$m_{10} = \sum_x \sum_y xI(x, y) \qquad m_{01} = \sum_x \sum_y yI(x, y)$$

- 🌀 **El Centro de Masas** de un objeto se calcula:

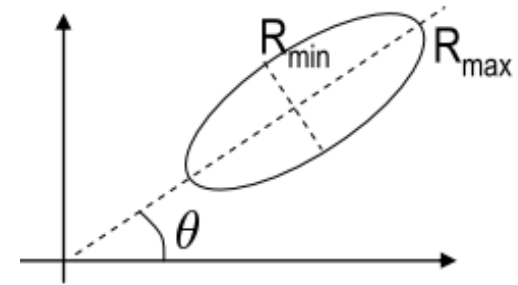
$$\bar{x} = \frac{m_{10}}{m_{00}} \qquad \bar{y} = \frac{m_{01}}{m_{00}}$$

DESCRIPTORES BASADOS EN REGIONES

- Con los **Momentos Espaciales** se pueden definir dos características que suelen proporcionar una capacidad discriminadora notoria entre las regiones:

Orientación:


$$\theta = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left[\frac{2m_{11}}{m_{20} - m_{02}} \right]$$

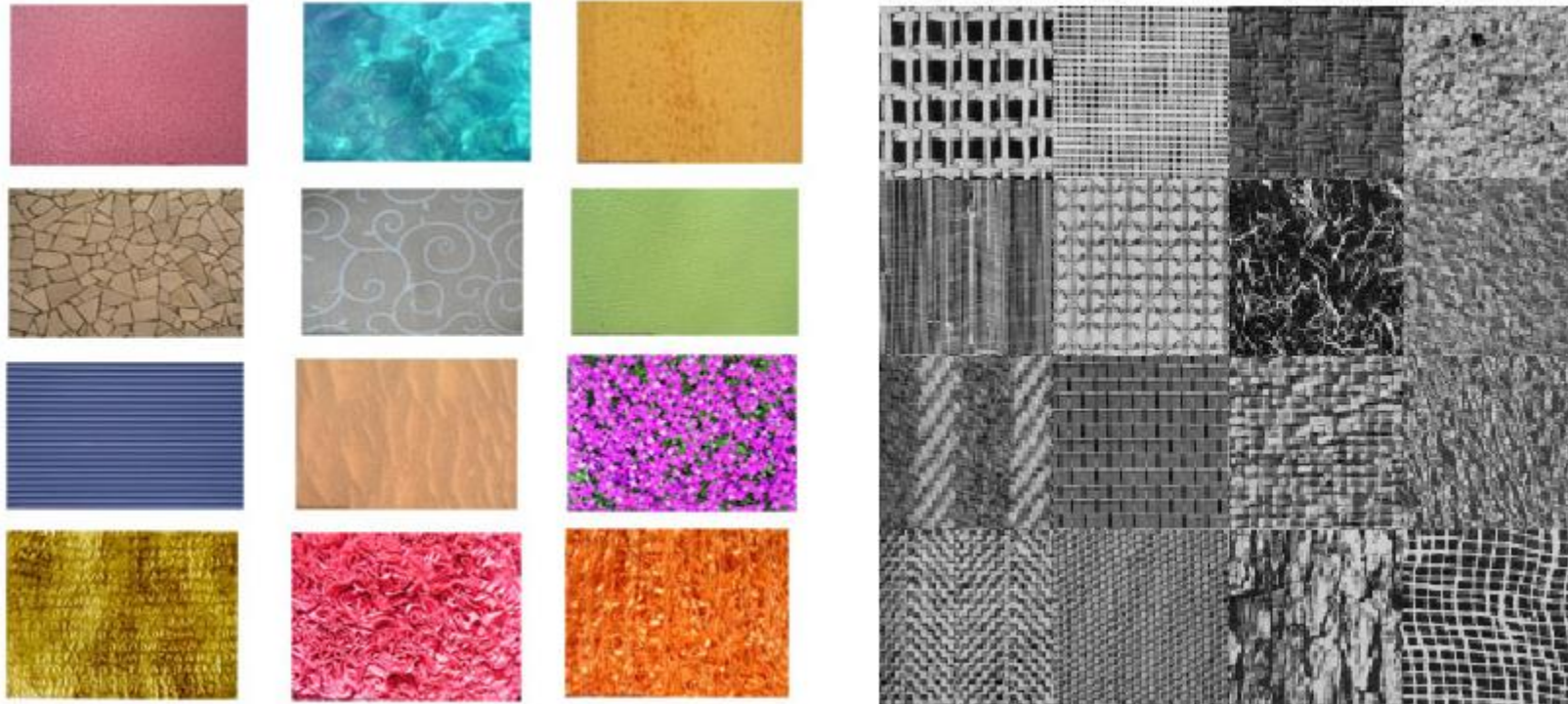


Excentricidad: $\epsilon = 0$ si recta es, $\epsilon = 1$ si es círculo

$$\epsilon = \frac{(m_{20} - m_{02})^2 + 4m_{11}}{m_{00}}$$

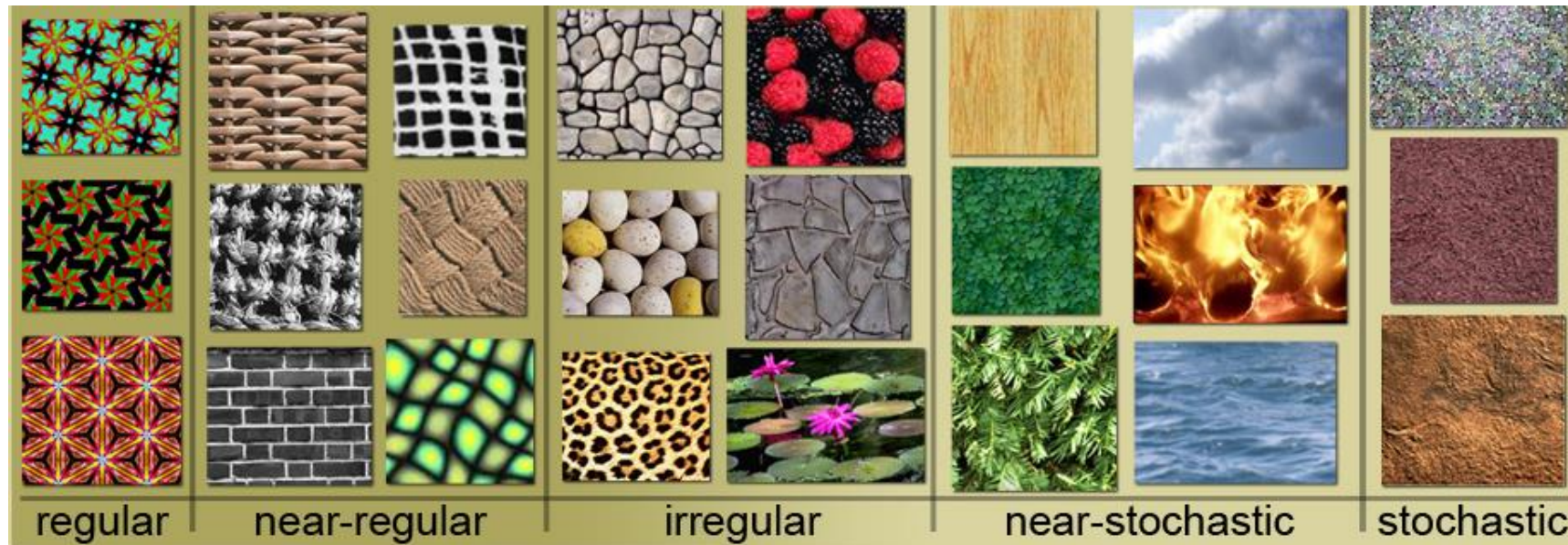
TEXTURAS - INTRODUCCIÓN

-  Ciertos materiales presentan un aspecto homogéneo con patrones visuales repetitivos.




TEXTURAS - INTRODUCCIÓN

- Las **Texturas** ofrecen información sobre la **ordenación espacial** de los niveles de gris (o de los colores) en una imagen:



TEXTURAS - INTRODUCCIÓN

-  La **Textura** no puede definirse para píxeles aislados ya que esta viene dada por la **distribución espacial** de los niveles de gris en una región, en consecuencia nos referimos a una matriz como:

- Homogénea/no




- Suave/irregular



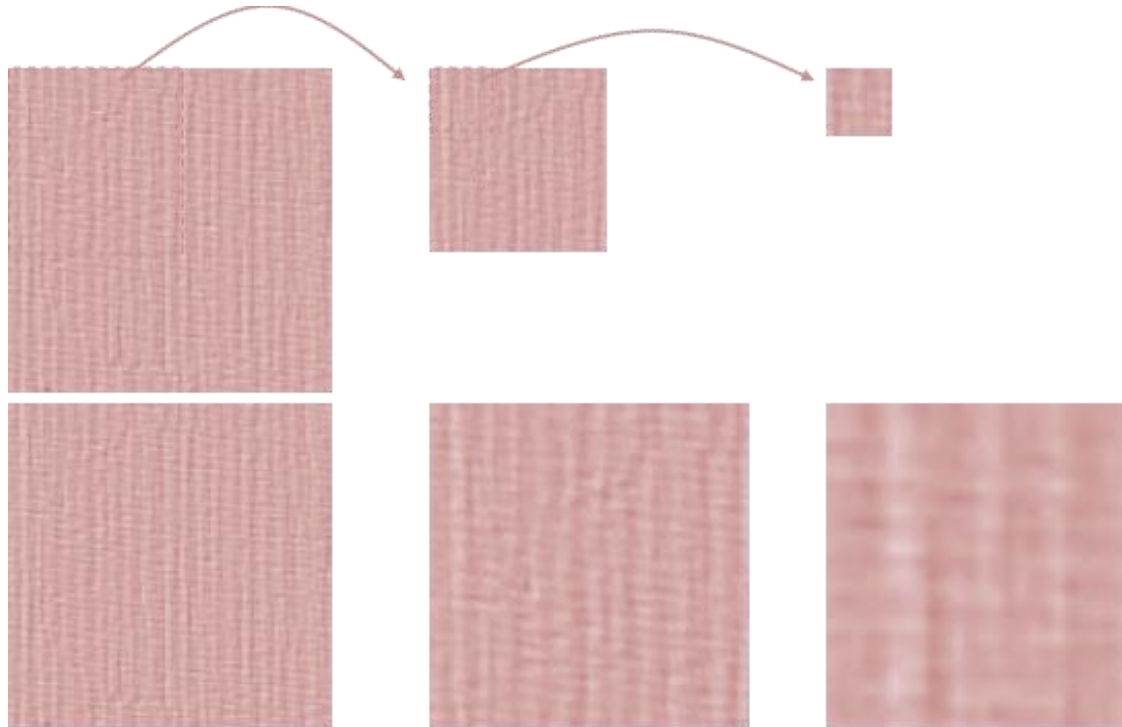
- Fina/basta, ...



-  Las texturas resultan importantes para muchas aplicaciones de Visión Artificial: segmentación de regiones en imágenes, determinación de formas (o características) de objetos, clasificación, etc.

TEXTURAS - INTRODUCCIÓN

-  Las **Texturas** son dependientes de la resolución de la imagen:



MEDICIÓN EN TEXTURAS

Medidas Cuantitativas para Describir Texturas: Información de Bordes

- El número de **píxeles borde** detectados en una región de tamaño fijo y las orientaciones de estos bordes ofrecen una información básica de textura.
- Para regiones pequeñas de N píxeles, cada píxel p tiene dos propiedades generadas por un algoritmo de detección de bordes: la magnitud del gradiente $Mag(p)$ y su orientación $Dir(p)$.
- Se puede calcular la densidad de bordes como:

$$F_{densidadBordes} = \frac{|p : Mag(p) \geq T|}{N}$$

- Siendo T un umbral dado.

MEDICIÓN EN TEXTURAS

Medidas Cuantitativas para Describir Texturas: Información de Bordes

- Sea $H_{\text{mag}}(R)$ el histograma normalizado de magnitudes de gradiente en la región R y $H_{\text{dir}}(R)$ el histograma normalizado de orientaciones de gradiente en la región R , una medida cuantitativa que describe la textura de la región viene dada por:

$$F_{\text{mag dir}} = (H_{\text{mag}}(R), H_{\text{dir}}(R))$$

- Dadas dos imágenes I_1 e I_2 , se puede calcular para cada una de ellas su correspondiente par de histogramas $(H_{\text{mag}}(R), H_{\text{dir}}(R))$, y dichos histogramas H_1 y H_2 se comparan por medio de una medida de distancia:







$$L_1(H_1, H_2) = \sum_{i=1}^n |H_1(i) - H_2(i)|$$

ANÁLISIS DE TEXTURAS

- 🎯 **Métodos Estructurales:** Se basan en el uso de primitivas de textura (llamadas téxeles) y de reglas (gramaticales) de formación.
- 🌀 Son útiles cuando las primitivas o patrones de textura son lo suficientemente grandes y sencillos para poder ser segmentados (se habla de macrotexturas).
- 🌀 Para imágenes binarias, las primitivas pueden extraerse por métodos morfológicos y luego obtener las reglas de formación.
- 🌀 Las imágenes en niveles de gris se pre procesan primero con un filtro de tipo LoG para obtener las primitivas de textura, luego se definen reglas de formación usando medidas basadas en las co-ocurrencias de estas primitivas. P. e. dada la primitiva $p: \diamond$, y la regla de formación: $S \rightarrow pS$, se pueden obtener la siguiente imagen binaria 2D aplicando la regla de formación en las direcciones x e y:

$\diamond\diamond\diamond\diamond\diamond$
 $\diamond\diamond\diamond\diamond\diamond$
 $\diamond\diamond\diamond\diamond\diamond$

ANÁLISIS DE TEXTURAS

-  **Métodos Estadísticos:** Analizan la distribución estadística de alguna propiedad para cada uno de los píxeles de la imagen.
 -  Se clasifican en: métodos de primer orden (aquellos basados en el histograma), métodos de segundo orden (los basados en matrices de co-ocurrencias), y métodos de órdenes superiores.
-  **Estadísticos de Primer Orden:**
 -  Se calcula el histograma de la imagen
 -  A cada valor del histograma se lo divide por el número total de píxeles de la imagen, se tiene un histograma de probabilidades de niveles de gris h.
-  **Desventajas:**
 - No captan toda la información espacial.
 - Mismo resultado para un tablero de ajedrez que para otro con los colores blanco y negro intercambiados.

ANÁLISIS DE TEXTURAS

Estadísticos de Primer Orden:

La Media

Estimación del nivel de gris de la textura

$$\mu = \sum_{i=1}^n i h(i)$$

Desviación específica

Media de la dispersión respecto de la media

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^n (i - \mu)^2 h(i)$$

El tercer momento o Skewness

Que es una medida de la asimetría del histograma

$$\mu_3 = \frac{1}{\sigma^3} \sum_{i=1}^n (i - \mu)^3 h(i)$$

Kurtosis o apuntamiento

Que indica como se reparte el histograma entre la parte central y los extremos

$$\mu_4 = \frac{1}{\sigma^4} \sum_{i=1}^n (i - \mu)^4 h(i)$$

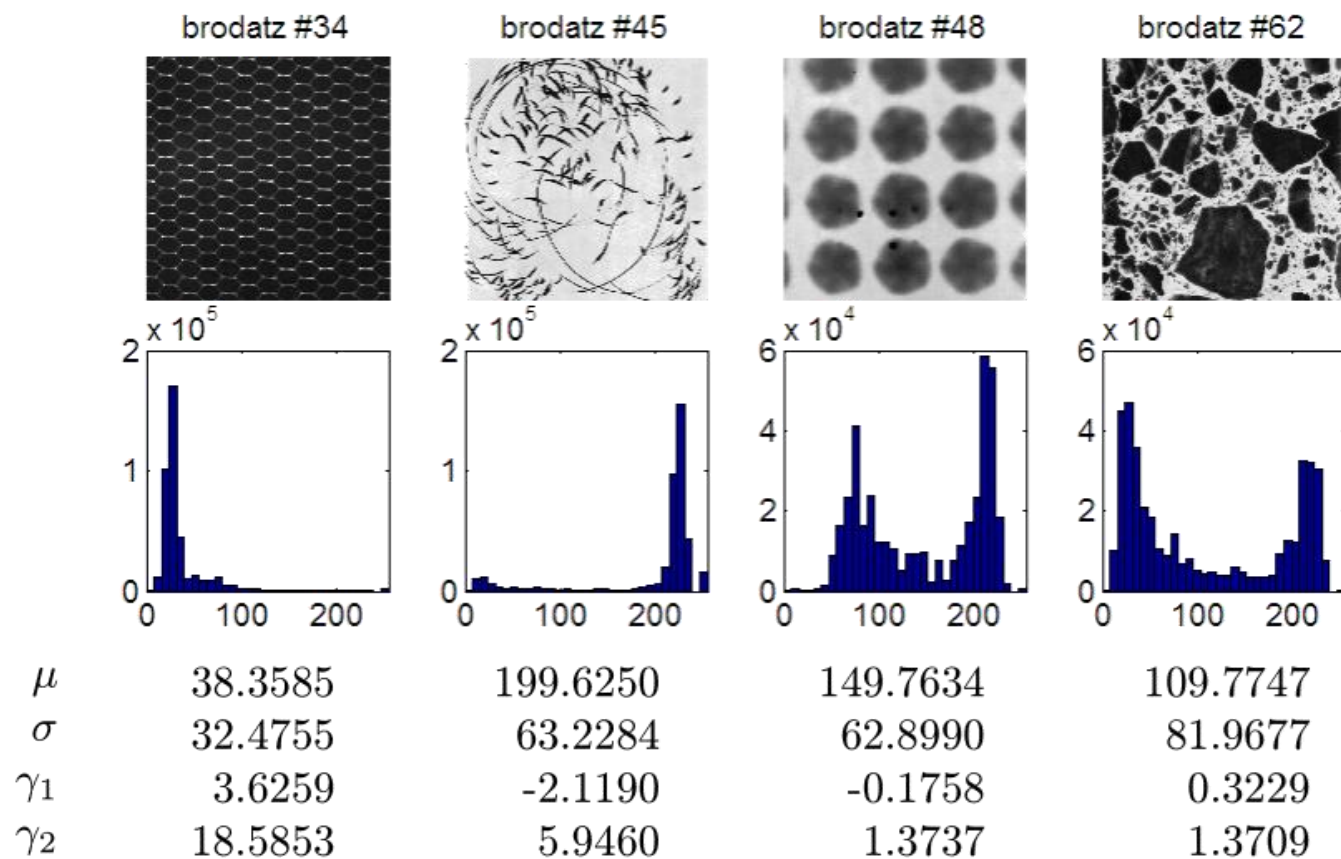
Entropía

Que mide la uniformidad del histograma

$$-\sum_{i=1}^n h(i) \log h(i)$$

ANÁLISIS DE TEXTURAS

Estadísticos de Primer Orden - Ejemplo:



Asimetría (γ_1 o μ_3):

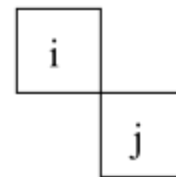
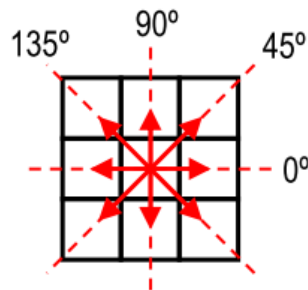
0 Distribución simétrica
 >0 Desplazado a la izquierda
 <0 Desplazado a la derecha

Kurtosis (γ_2 o μ_4):

3 Distribución normal
 >3 Más alta/esbelta que la nor.
 <3 Más aplanada que la normal

ANÁLISIS DE TEXTURAS

- 🎯 **Estadísticos de Segundo Orden:** los estadísticos basados en el histograma tienen el inconveniente de perder la información espacial, por lo que se obtendría la misma información para una imagen de un tablero de ajedrez con los cuadros blancos y negros intercambiados.
- 🌀 Para capturar las dependencias espaciales de los valores de niveles de gris, que contribuyen a la percepción de las texturas presentes en una imagen, se define una estructura 2D llamada **Matriz de Co-ocurrencias** para analizar texturas.
- 🌀 La matriz de coocurrencias $P[i,j]$ se define especificando una dirección de desplazamiento $d=(d_i,d_j)$ y contando todos los pares de píxeles separados por d y que tienen valores de gris i y j .



ANÁLISIS DE TEXTURAS

🌀 **Ejemplo Matriz de Co-ocurrencia:** dada la imagen de 5×5 con tres niveles de gris (0, 1 y 2):

2	1	2	0	1
0	2	1	1	2
0	1	2	2	0
1	2	2	0	1
2	0	1	0	1

🌀 Como hay tres niveles de gris, $P[i,j]$ es de tamaño 3×3 . Sea, por ejemplo $d=(1,1)$. En la imagen existen 16 pares de píxeles que satisfacen esta separación espacial. La matriz $P[i,j]$ resultante para este valor de d es:

i			
	j		

0	2	2	0
2	1	2	1
2	3	2	2
0	1	2	

i

j

ANÁLISIS DE TEXTURAS

- Estadísticos de Segundo Orden:** Para analizar texturas pueden calcularse diferentes matrices de co-ocurrencias de la misma imagen con diferentes valores de d . Algunas propiedades que pueden extraerse a partir de dicha matriz son:

Segundo Momento Angular (Angular Second Moment) – Energía	Contraste
$ASM = \sum_{i=0}^{255} \sum_{j=0}^{255} p(i, j)^2$	$CON = \sum_{i=0}^{255} \sum_{j=0}^{255} (i - j)^2 p(i, j)$
cuanto más suave es la textura, mayor valor toma ASM (p.e. intensidad constante $\Rightarrow ASM = 1$, distribución unif. de parejas $\Rightarrow ASM = p < 1$)	cuanto mayor es el contraste de la imagen, mayor es el valor de CON al ponderar las diferencias $ i-j $ con $(i-j)^2$
Entropía	Momento Diferencial Inverso (Inverse Difference Moment) – Homogeneidad
$H_{xy} = - \sum_{i=0}^{255} \sum_{j=0}^{255} p(i, j) \log_2 p(i, j)$	$IDF = \sum_{i=0}^{255} \sum_{j=0}^{255} \frac{p(i, j)}{1 + (i - j)^2}$
H toma valores bajos cuanto más suave es la textura (menos aleatoria)	cuanto menor es el contraste, más alto es IDF debido a la ponderación inversa a través de $(i-j)^2$



EJEMPLO DE LAS MANDARINAS Y LAS NARANJAS (DOMINGO MERY)



Institución
Universitaria
Reacreditada en Alta Calidad

¡Gracias!

Hacia una era de
Universidad y
Humanidad



Alcaldía de Medellín