

UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

VISIÓN ARTIFICIAL

JOHN W. BRANCH

PROF. TITULAR

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE COMPUTACIÓN Y DE LA DECISIÓN

DIRECTOR DEL GRUPO GIDIA

ALBERTO M. CEBALLOS

JAIRO A. RODRIGUEZ

ASISTENTE DE DOCENCIA

MONITOR

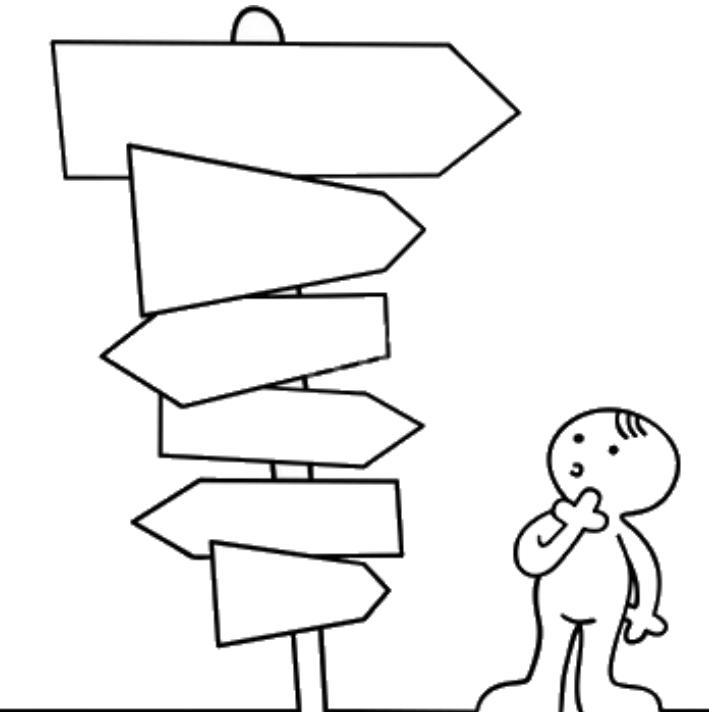
Nota: Este material se ha adaptado con base en el material de los profesores Domingo Mery (U. de Chile), María Patricia Trujillo (Univalle), Ginés García (U. de Murcia) y Nicolas Fernández (U. de Córdoba)

EN LA CLASE DE HOY ...

💡 FILTRADO DE IMÁGENES

🌐 Métodos de Segmentación

- 🌐 Introducción
- 🌐 Segmentación Usando Umbralización
- 🌐 Segmentación Basada en Detección de Bordes
 - ☑ Operadores de Primera y Segunda Derivada
 - ☑ Detector Canny
- 🌐 Transformada de Hough
- 🌐 Segmentación Basada en Regiones
 - ☑ Crecimiento de Regiones
 - ☑ División de Regiones
- 🌐 Segmentación en Imágenes a Color
- 🌐 Etiquetado de Regiones

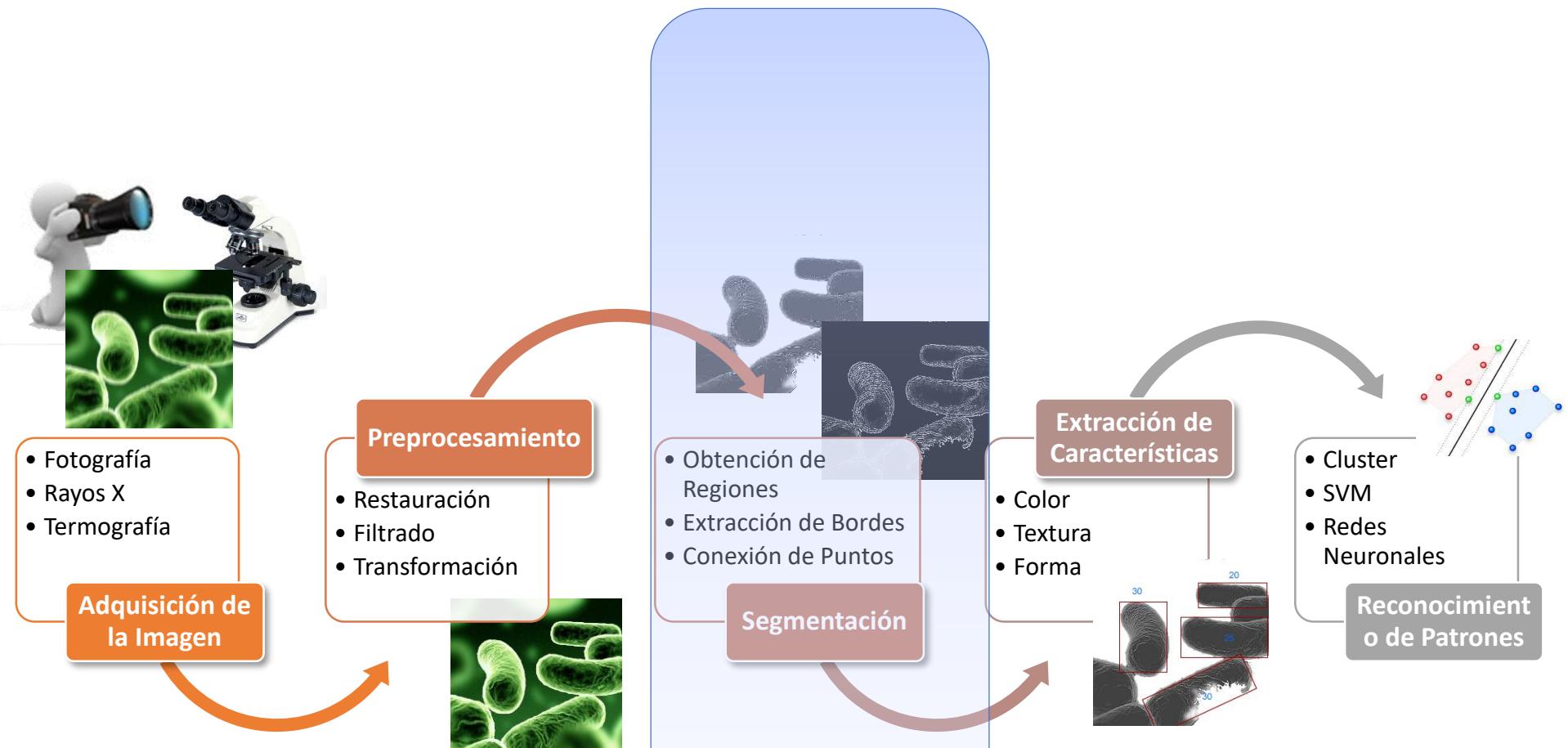


Pre-procesamiento de Imágenes



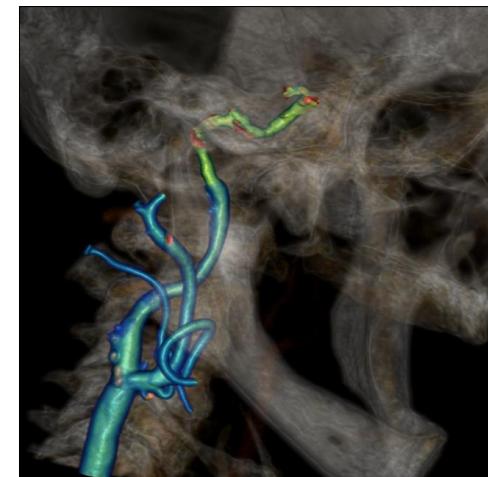
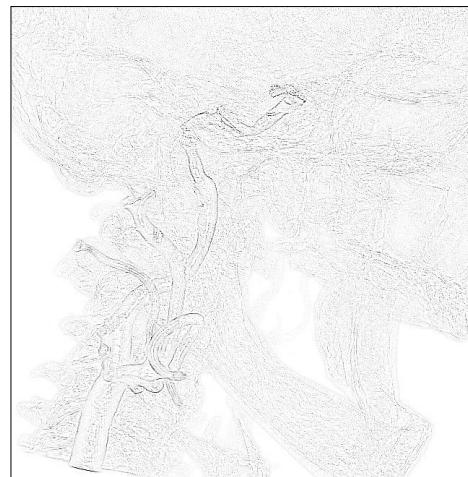
A MODO DE RESUMEN ...

ETAPAS DE UN SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL



SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES

SOBRE LA SEGMENTACIÓN ...

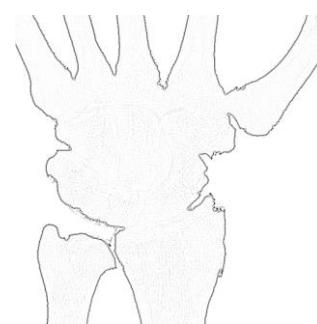


Segmentación de Imágenes

INTRODUCCIÓN

- Las Segmentación es la *partición de una imagen* en regiones homogéneas con respecto a una o más características, p. ej.:

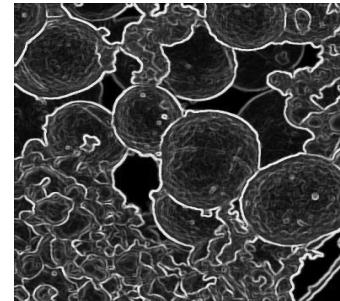
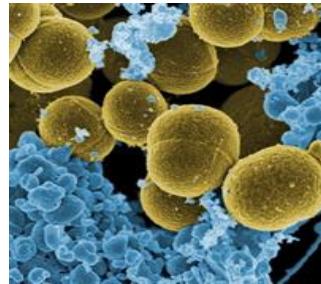
- La forma,
- El color,
- El brillo,
- La textura, ...



Segmentación de Imágenes

INTRODUCCIÓN

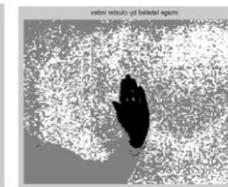
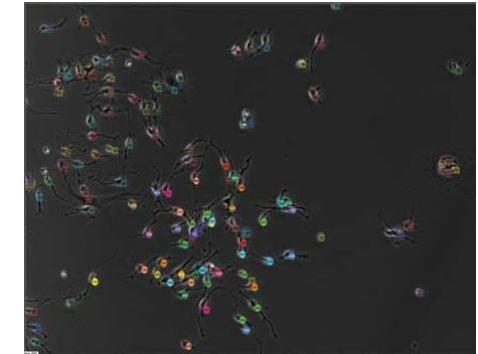
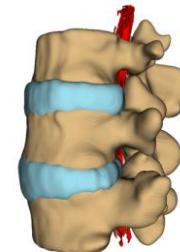
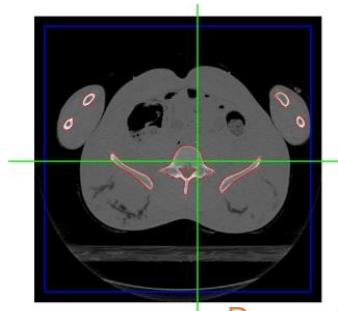
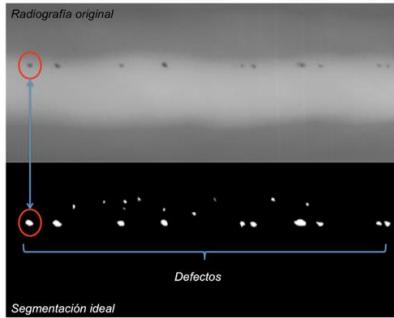
- El nivel de la **subdivisión** de una imagen depende del problema, por ejemplo, hasta que los objetos de interés buscados hayan sido aislados.
- Segmentación completa:** termina cuando los objetos que aparecen en una imagen se corresponden unívocamente con las distintas regiones.
- Segmentación parcial:** se crean agrupaciones de objetos.



Segmentación de Imágenes

INTRODUCCIÓN

- Algunos ejemplos de Aplicaciones de la Segmentación:



Segmentación de Imágenes

INTRODUCCIÓN

- El uso del **conocimiento sobre la imagen** (o de un modelo de ella) reduce la complejidad de la segmentación: color, forma, tamaño que ocupa el objeto a segmentar en la imagen, etc...
- Las regiones a segmentar *deben tener una fuerte correlación con los objetos* del “mundo real”.
- En aplicaciones industriales *es posible controlar las condiciones de captura de las imágenes* (iluminación, etc...) para facilitar la segmentación.
- Cuando sea posible se puede *usar un sensor que realce los objetos de interés* y elimine detalles irrelevantes, p.e.: Cámaras de infrarrojos usadas en el ejército para detectar tropas en movimiento.

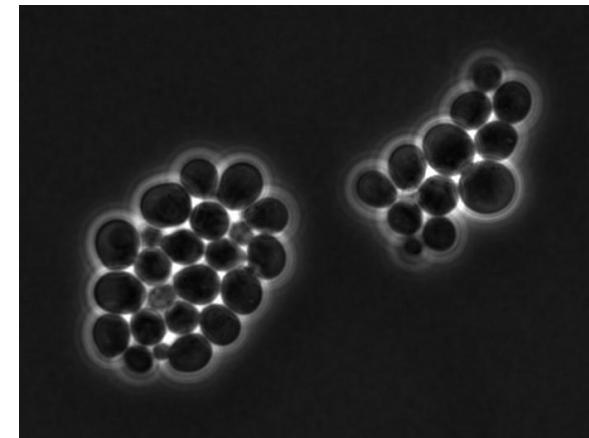
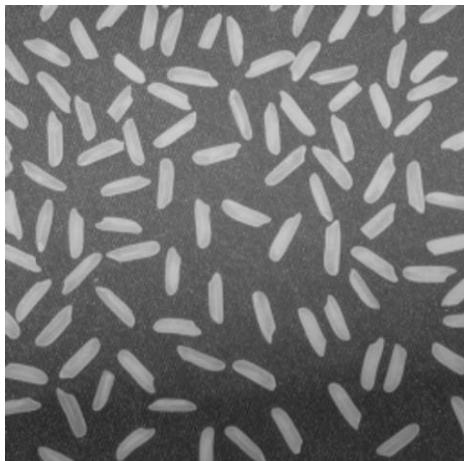
Segmentación de Imágenes

INTRODUCCIÓN

- La segmentación puede verse como un proceso que a partir de una imagen produce otra imagen en la que cada píxel tiene asociada **una etiqueta** distintiva del objeto (región) a la que pertenece, por ejemplo:
 - Detección de ciertos tipos de células en imágenes médicas,
 - Extracción de los vehículos de una imagen de una carretera,
 - Separación de los objetos de un fondo uniforme en una imagen.
- Básicamente la segmentación se hace con base en:
 - **Similitud:** se buscan **regiones similares** según cierto criterio. Ej.: umbralización del histograma, extracción de regiones (crecimiento de regiones, separación y unión de regiones), basada en movimiento, usando el color, usando texturas, etc.
 - **Discontinuidad:** se buscan en la intensidad, Ej.: extracción de bordes.

Segmentación de Imágenes

INTRODUCCIÓN



Siempre se debe buscar la forma más simple para segmentar los objetos de una imagen
.... No la más fácil

SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES

SEGMENTACIÓN POR UMBRALIZACIÓN



Segmentación de Imágenes

➤ SEGMENTACIÓN POR UMBRALIZACIÓN

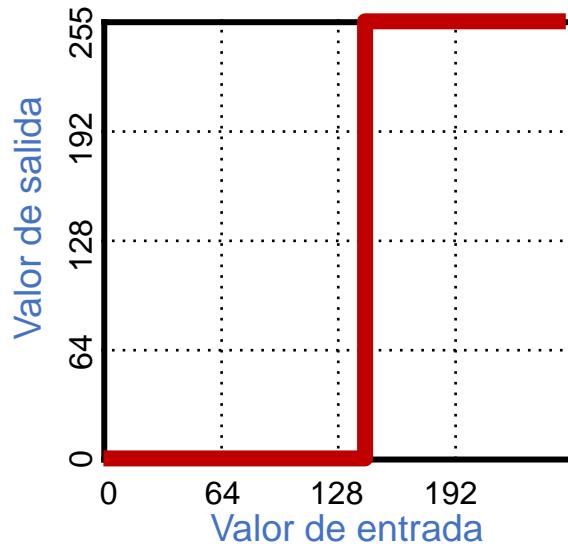
- La **Umbralización** permite convertir una imagen de niveles de gris en una imagen binaria. La segmentación por umbralización (o *thresholding*) es una técnica que *asume que hay un solo objeto sobre un fondo uniforme*. Por esto se consideran dos regiones:



Segmentación de Imágenes

SEGMENTACIÓN POR UMBRALIZACIÓN

- Para **Umbralizar** una imagen se suelen usar funciones a trozos:



$$I'(x, y) = \begin{cases} 0 & \text{si } I(x, y) \leq U \\ 255 & \text{si } I(x, y) > U \end{cases}$$



¿Cómo se **obtiene** el valor de esa constante?



Segmentación de Imágenes

SEGMENTACIÓN POR UMBRALIZACIÓN

- Ejemplos de Umbralización:

Se debe ajustar según el tamaño o de claves. De hecho, como y e el rango de claves será mucha implicación directa: si no concurren que para dos elementos son los llamados sinónimos: dición h , se dice que x e y son s

Se debe ajustar según el tamaño o de claves. De hecho, como y e el rango de claves será mucha implicación directa: si no concurren que para dos elementos son los llamados sinónimos: dición h , se dice que x e y son s

Se debe ajustar según el tamaño o de claves. De hecho, como y e el rango de claves será mucha implicación directa: si no concurren que para dos elementos son los llamados sinónimos: dición h , se dice que x e y son s

Imagen Original

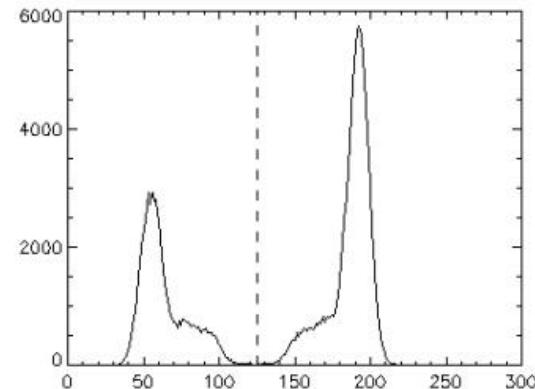
Umbral = 160

Umbral = 215

Segmentación de Imágenes

SEGMENTACIÓN POR UMBRALIZACIÓN

- Ejemplos de Umbralización:



Segmentación de Imágenes

SEGMENTACIÓN POR UMBRALIZACIÓN

- Ejemplos de **Umbralización**: ¿qué se debe hacer para segmentar las células en la imagen dada?

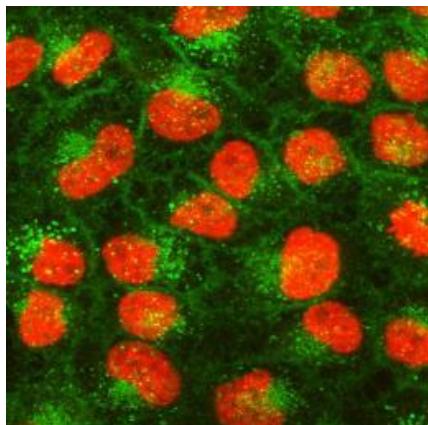
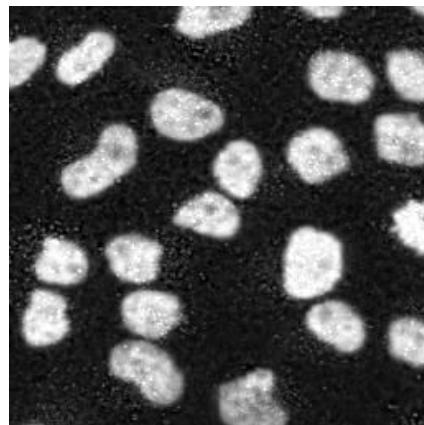
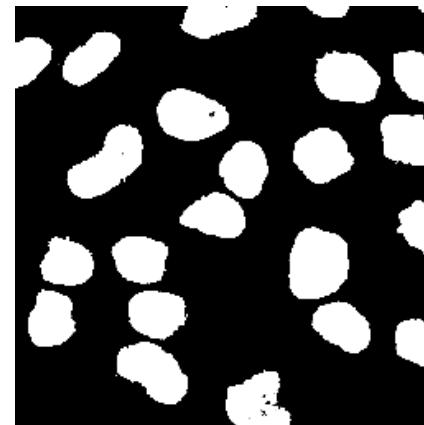


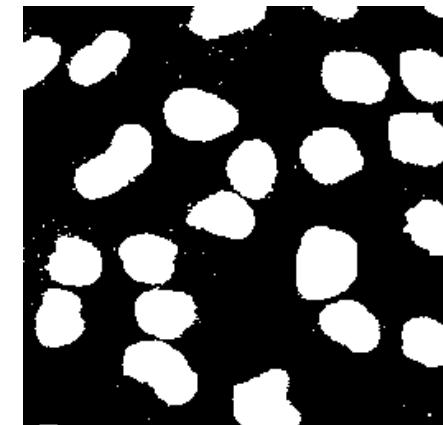
Imagen Original



Canal rojo



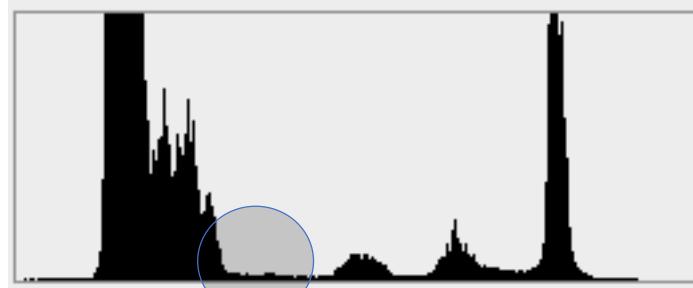
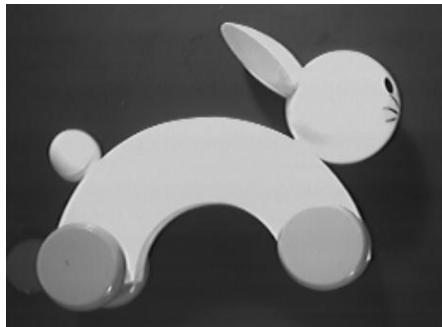
Umbralizada con $t=114$



Umbralizada con $t=86$

SEGMENTACIÓN POR UMBRALIZACIÓN

- La obtención del **Umbral** se hace con base en el histograma de la imagen, donde se buscan y analizan sus mínimos locales:



¿Cuál es el Umbral?

El umbral está definido por uno o varios de los mínimos locales

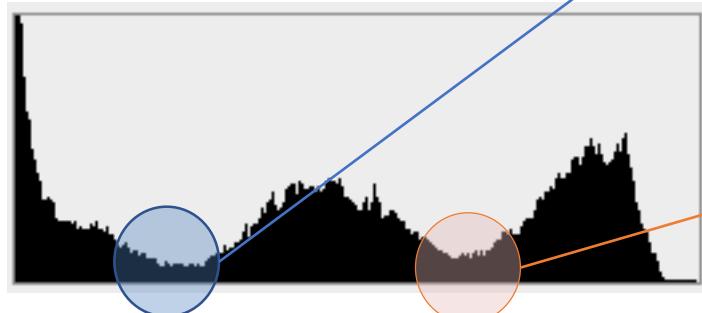
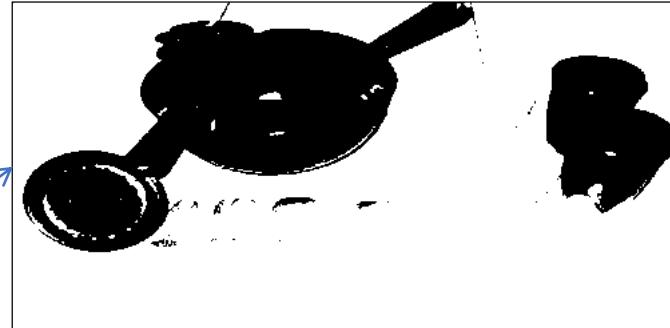
- Así, algunas de las Características de la Umbralización:

- Rápida, de coste computacional bajo, se puede realizar en tiempo real.
- Sencilla e intuitiva



SEGMENTACIÓN POR UMBRALIZACIÓN

- Sin embargo, hay casos donde la **umbralización simple** no es la solución, sobre todo cuando el *histograma* es *multimodal*:

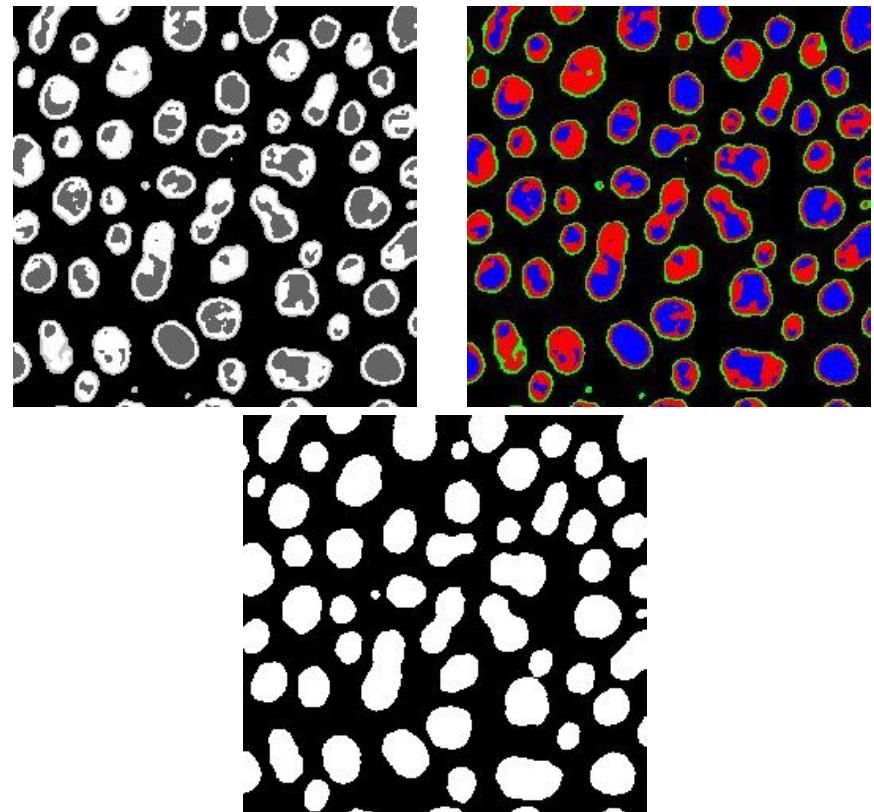
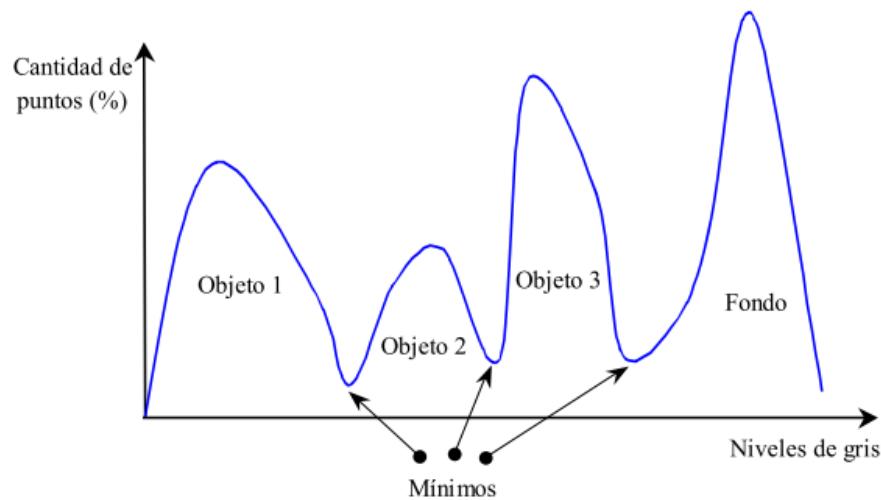


- <http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/HIPR2/threshdemo.htm>



SEGMENTACIÓN POR UMBRALIZACIÓN

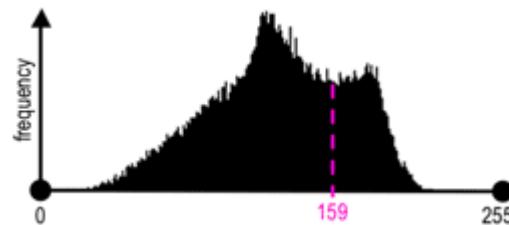
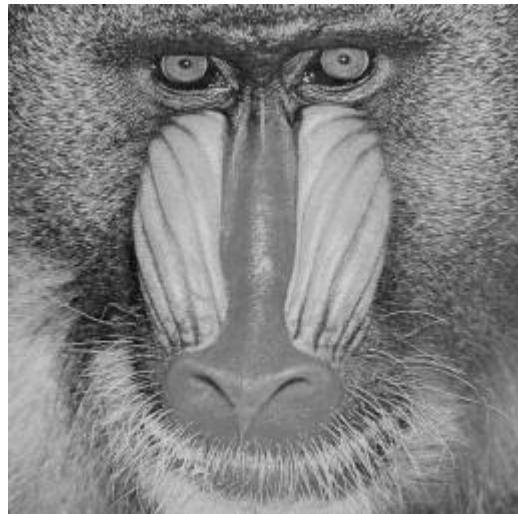
- La *Multi-Umbralización* consiste en la elección de múltiples valores de umbral, permitiendo separar a diferentes objetos dentro de una escena cuyos niveles de gris difieran. Ejemplo:





SEGMENTACIÓN POR UMBRALIZACIÓN

- Y con imágenes como está?



El principal problema es si es posible y, en caso afirmativo, cómo elegir un umbral adecuado o una serie de umbrales para separar uno o más objetos de su fondo. En muchos casos prácticos, el umbral simple es incapaz de segmentar los objetos de interés.

Segmentación de Imágenes

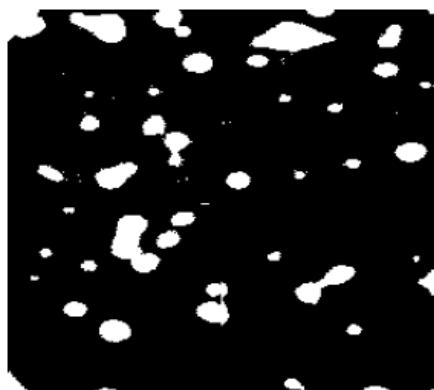
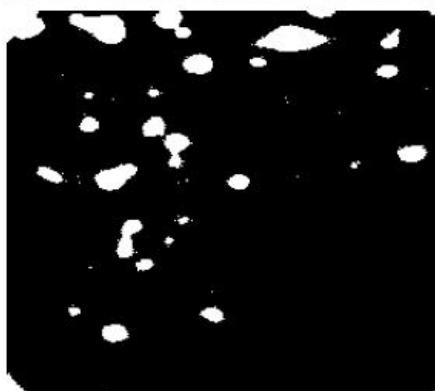
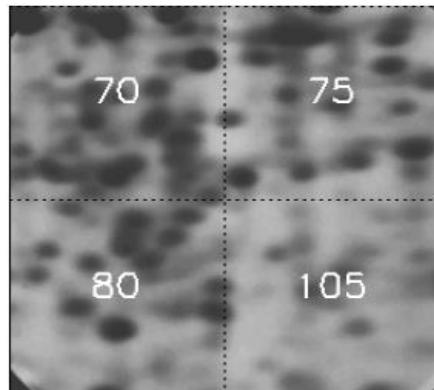
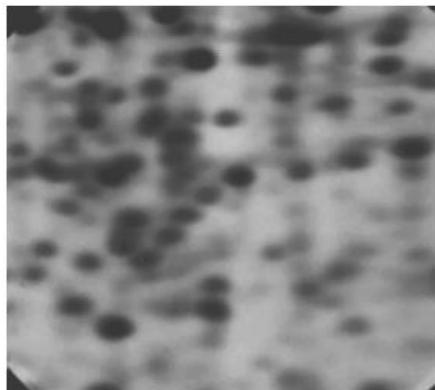
SEGMENTACIÓN POR UMBRALIZACIÓN

- ➊ Por otro lado, en la *Umbralización Adaptativa* el umbral cambia de forma dinámica en la imagen, siendo una de las estrategias más usadas la siguiente:
 - ➊ Dividir la imagen original I en subimágenes I_k donde se supone que los cambios de iluminación no son tan fuertes.
 - ➊ Determinar un umbral U_k independientemente para cada subimagen I_k
 - ➊ Si en alguna subimagen no se puede determinar su umbral, calcularlo mediante la interpolación de los valores de los umbrales de subimágenes vecinas.
 - ➊ Procesar cada subimagen con respecto a su umbral local.



SEGMENTACIÓN POR UMBRALIZACIÓN

Ejemplo de *Umbralización Adaptativa*



La imagen se divide en cuatro regiones

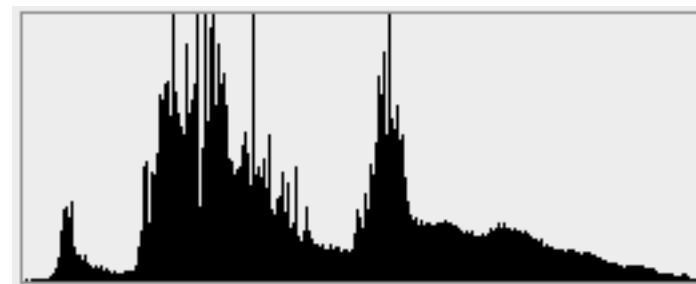
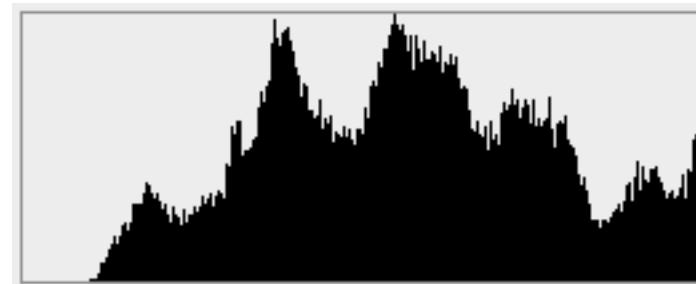
Se utilizó un umbral diferente para cada región, como se indica en la figura.

Hubo una mejora en los resultados debido a que el umbral *se adapta* a la luminosidad de cada región.

Segmentación de Imágenes

SEGMENTACIÓN POR UMBRALIZACIÓN

- Hay imágenes como las siguientes en las que la **Umbralización Adaptativa** es complicada:



¿Cómo dividir la imagen?

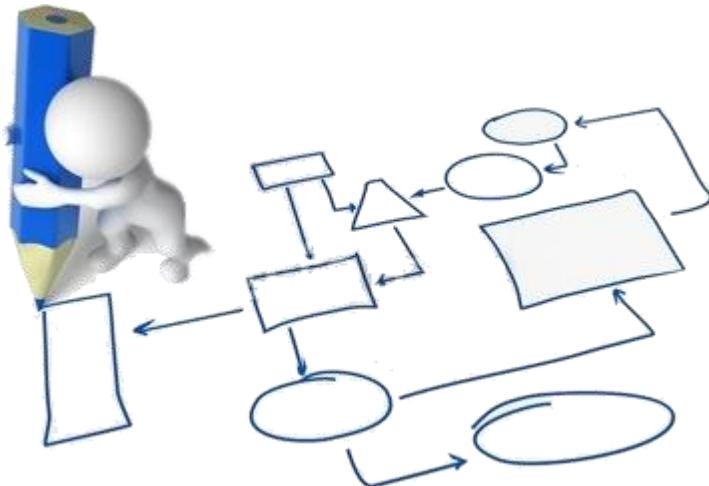
Segmentación de Imágenes

SEGMENTACIÓN POR UMBRALIZACIÓN

- Otro tipo de umbralización es la *Umbralización con Umbral Automático* en la cual se halla de forma automática el umbral:
 1. Se selecciona un valor inicial para U
 2. Se segmenta la imagen usando U , entonces se producirán dos grupos de píxeles: G_1 (que contiene píxeles con nivel de gris $> U$) y G_2 (que contiene píxeles con nivel de gris $\leq U$)
 3. Se calcula el promedio del nivel de gris μ_1 del grupo G_1 y el promedio del nivel de gris μ_2 del grupo G_2
 4. Calcular el nuevo umbral como $U = (\mu_1 + \mu_2)/2$
 5. Repetir los pasos 2 a 4 hasta que la diferencia en U en dos iteraciones consecutivas sea menor que un parámetro definido σ
- <http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/HIPR2/adapthreshdemo.htm>

SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES

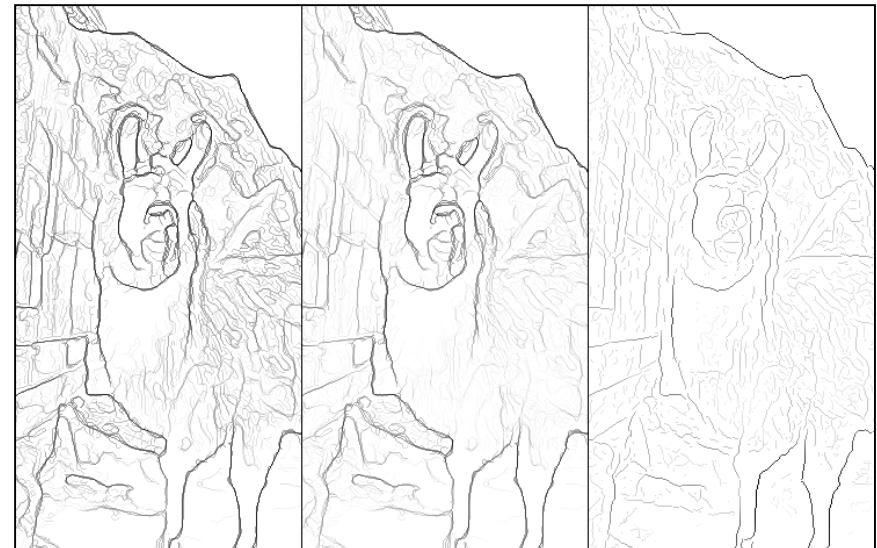
SEGMENTACIÓN BASADA EN DETECCIÓN DE BORDES



Segmentación de Imágenes

SEGMENTACIÓN BASADA EN DETECCIÓN DE BORDES

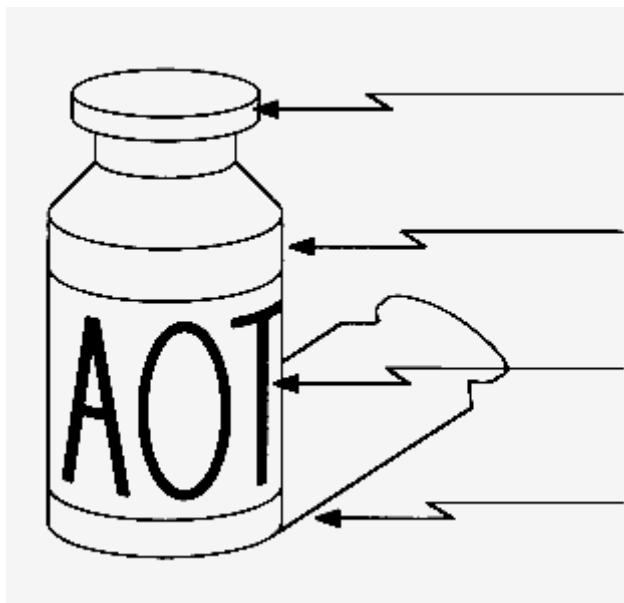
- 💡 **IDEA:** Identificar los cambios bruscos (o discontinuidades) en una imagen
- 💡 De manera intuitiva, cierta información semántica y de forma de la imagen puede ser codificada en los bordes
- 💡 Es más compacto un borde que el conjunto de píxeles de un objeto



Segmentación de Imágenes

SEGMENTACIÓN BASADA EN DETECCIÓN DE BORDES

- ORIGEN DE LAS DISCONTINUIDADES: las discontinuidades en una imagen pueden ser originados por diferentes factores:



Discontinuidades de la Superficie

Discontinuidades por profundidad

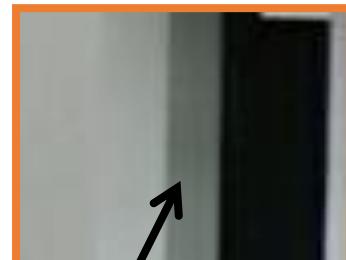
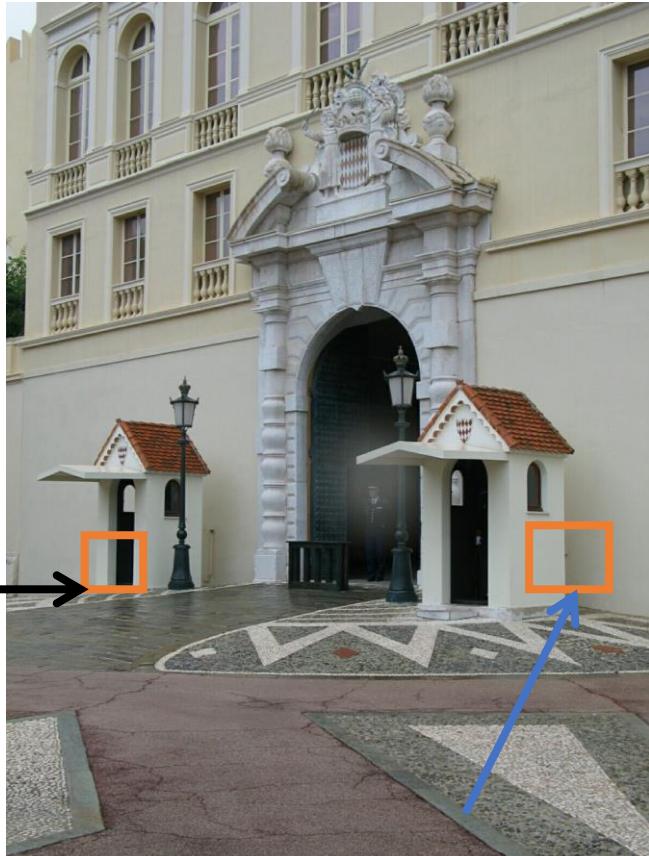
Discontinuidades por el Color de la superficie

Discontinuidades por la iluminación



SEGMENTACIÓN BASADA EN DETECCIÓN DE BORDES

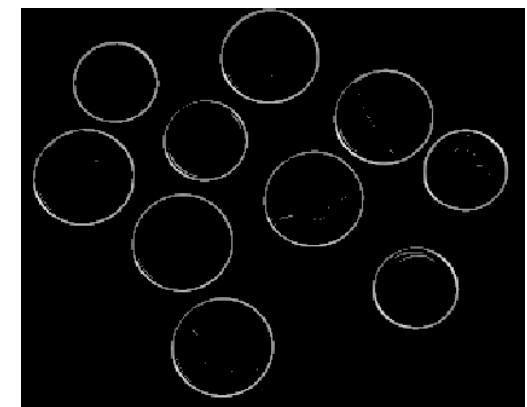
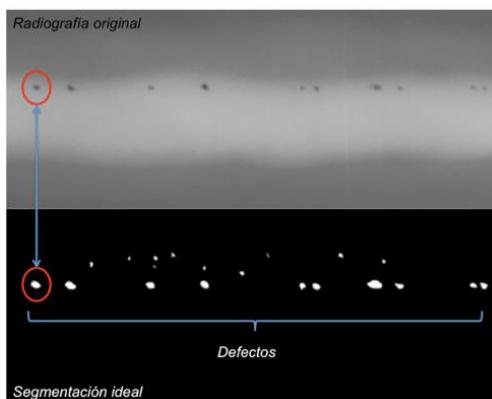
ORIGEN DE LAS DISCONTINUIDADES:



Segmentación de Imágenes

SEGMENTACIÓN BASADA EN DETECCIÓN DE BORDES

- Hay tres tipos básicos de discontinuidades que tienden a buscar en las imágenes digitales (generalmente basados en el concepto de las derivadas): *Puntos*, *Líneas* (horizontales, verticales o en diagonal) y *Bordes* que son píxeles en la posición de un contorno entre dos regiones (en cambio significativo en la intensidad local en la imagen)



SEGMENTACIÓN - DETECCIÓN DE PUNTOS

- Para detectar **puntos aislados** cuyo nivel de gris es significativamente diferente de su background, situado en una zona casi homogénea, se suele utilizar una máscara Laplaciana:

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

Filtro Laplaciano Negativo

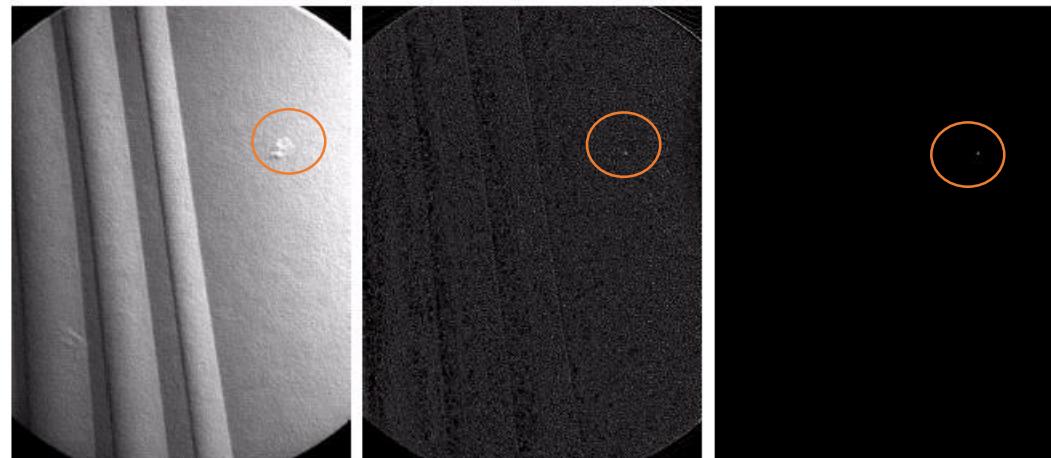


Imagen de rayos x
en una turbina

Respuesta del
Laplaciano

Resultado del
thresholding

Si la respuesta R en un punto donde se ha centrado la máscara es mayor que un umbral T , se ha localizado un punto. Como la suma de los coeficientes de la máscara es 0, en zonas homogéneas la respuesta del filtro es 0.

Segmentación de Imágenes

SEGMENTACIÓN - DETECCIÓN DE LÍNEAS

- El siguiente nivel de complejidad es la **Detección de Líneas**. Las máscaras que se presentan a continuación extraen líneas de un píxel de ancho en una dirección particular:

-1	-1	-1
2	2	2
-1	-1	-1

Horizontales

-1	2	-1
-1	2	-1
-1	2	-1

Verticales

-1	-1	2
-1	2	-1
2	-1	-1

Líneas a +45°

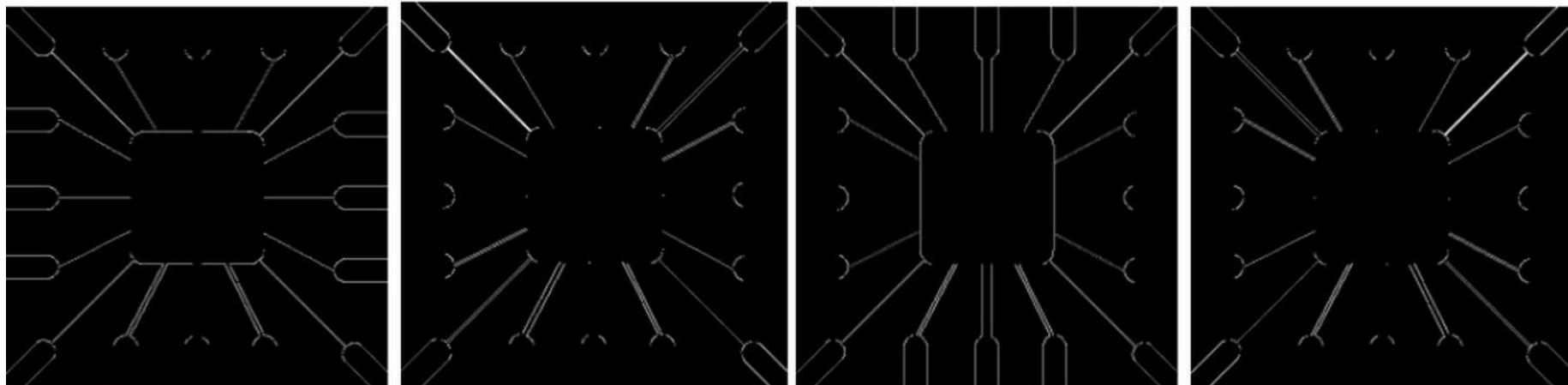
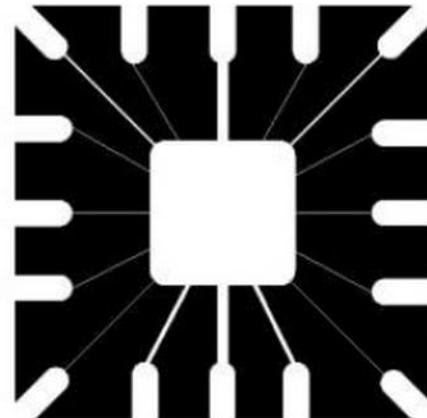
2	-1	-1
-1	2	-1
-1	-1	2

Líneas a -45°

Se obtiene una respuesta máxima cuando hay líneas de 1 píxel de grosor y la línea coincide con la dirección de los coeficientes mayores, y el background es constante. En zonas homogéneas la respuesta de la mascara es cero.

Segmentación de Imágenes

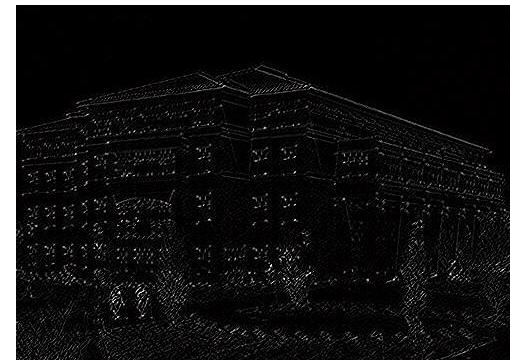
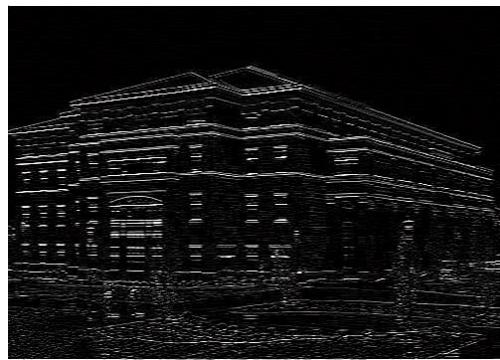
SEGMENTACIÓN - DETECCIÓN DE LÍNEAS



Segmentación de Imágenes



SEGMENTACIÓN - DETECCIÓN DE LÍNEAS





SEGMENTACIÓN - DETECCIÓN DE LÍNEAS



Max entre los bordes en todas las direcciones

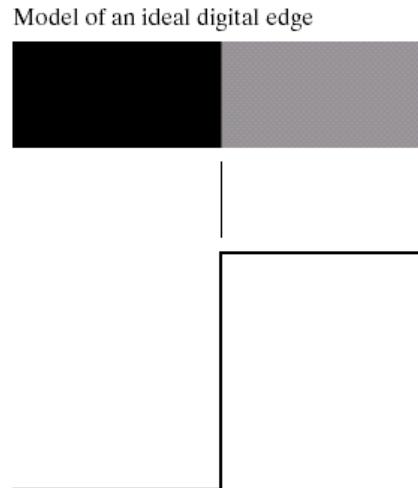
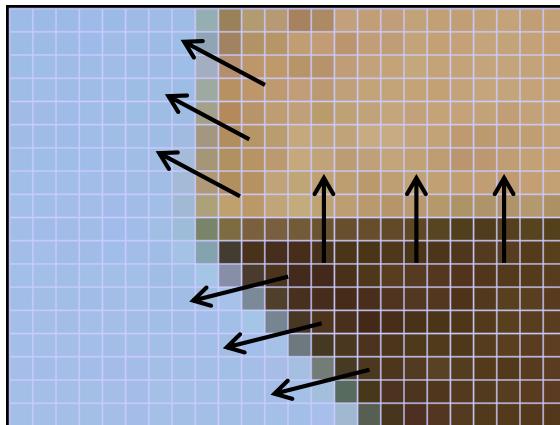


Con un T=100

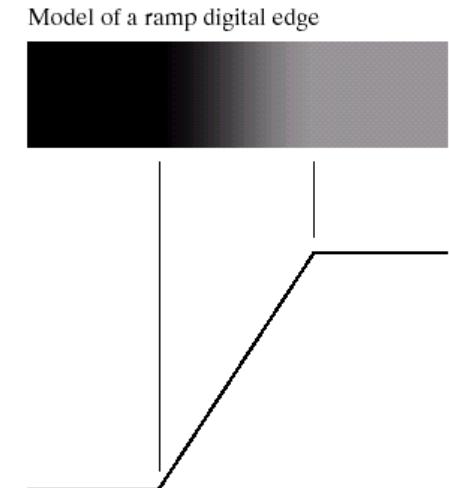
Segmentación de Imágenes

SEGMENTACIÓN BASADA EN DETECCIÓN DE BORDES

- La **Detección de Bordes** se hace con base en las discontinuidades de los píxeles. Un borde es un conjunto de píxeles conectados que se encuentran en el límite entre dos regiones:



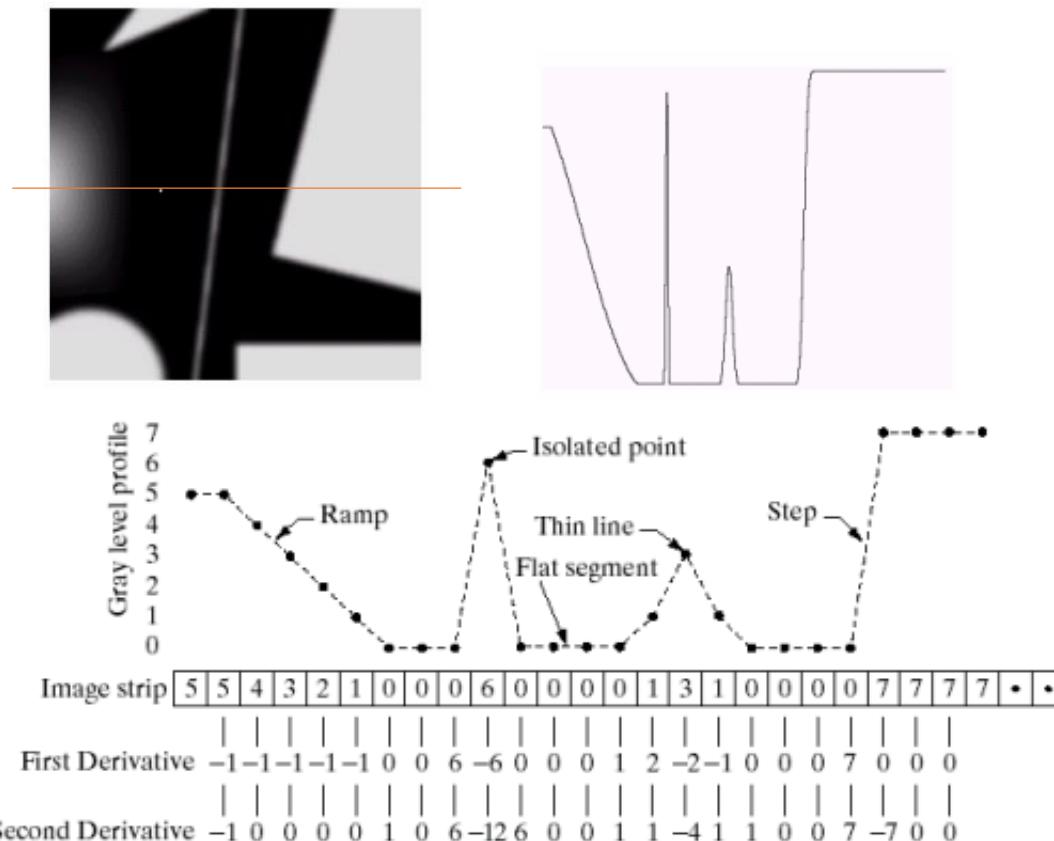
Gray-level profile
of a horizontal line
through the image



Gray-level profile
of a horizontal line
through the image

SEGMENTACIÓN BASADA EN DETECCIÓN DE BORDES

- Uso de la **Derivada** para la *Detección de Bordes* ...



Segmentación de Imágenes

SEGMENTACIÓN BASADA EN DETECCIÓN DE BORDES

- La variación de una función diferenciable $f(x)$ viene dada por su **Primera Derivada**:
 - Si $f'(x) > 0$, entonces la función es creciente en x
 - Si $f'(x) < 0$, entonces la función es decreciente en x
 - Si $f'(x) = 0$, entonces la función es estacionaria en x
- Dado que en nuestro caso tenemos “funciones discretas”, la “derivada discreta” se obtiene calculando diferencias:

$$f'(x) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f(x + \Delta x) - f(x)}{\Delta x}$$

- En nuestro caso discreto tenemos que $\Delta x = 1$, así que la función se resume a:

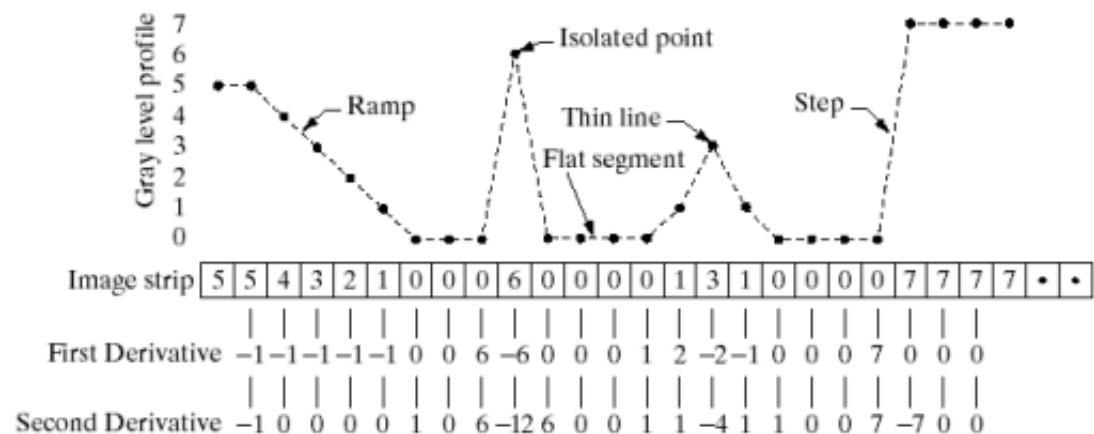
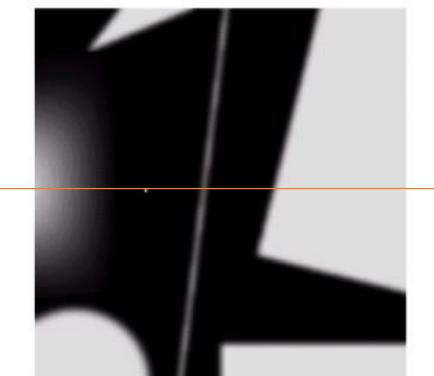
$$f'(x) = \frac{df}{dx} \cong f(x+1) - f(x)$$

-1	1
----	---

Segmentación de Imágenes

SEGMENTACIÓN BASADA EN DETECCIÓN DE BORDES

- En el dominio de las imágenes la **Primera Derivada** nos indica donde hay cambios en la imagen, así:
 - La derivada **es cero** en las zonas que la imagen tienen un nivel de gris constante
 - La derivada **es distinta** de cero en toda la zona que tiene cambios de tipo rampa o tipo escalón;



Segmentación de Imágenes

SEGMENTACIÓN BASADA EN DETECCIÓN DE BORDES

- Ejemplo de la Aplicación de la Primera Derivada:

Derivada en X

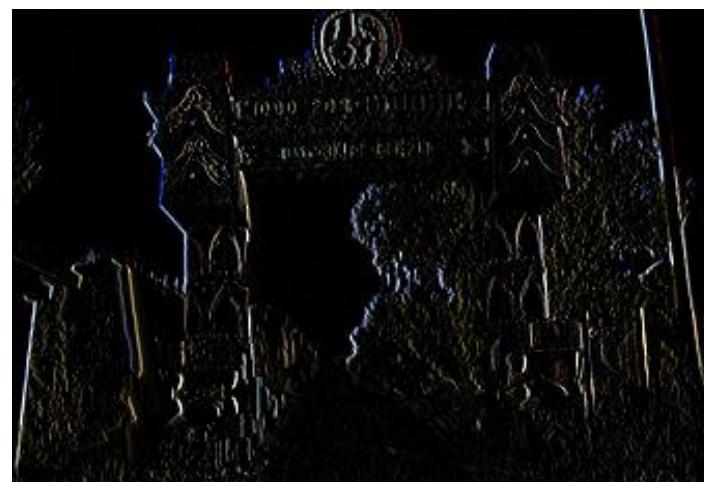
-1	1
----	---



Imagen de entrada

Derivada en Y:

-1
1



Derivada en X

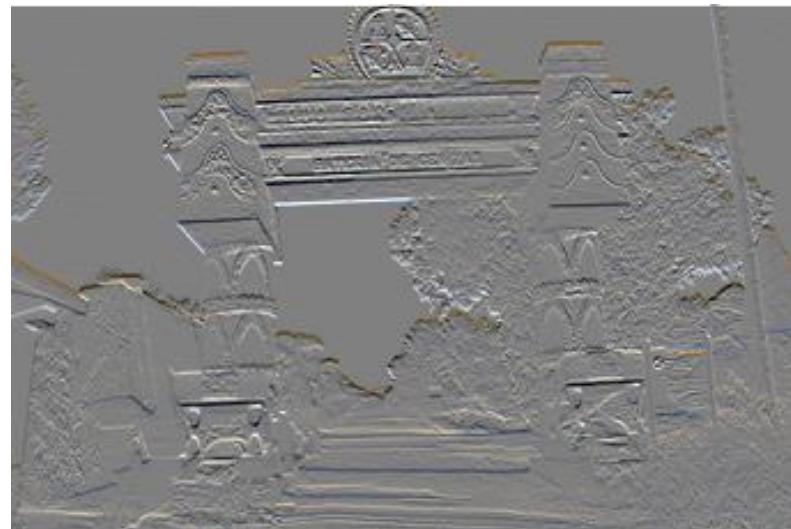
Segmentación de Imágenes

SEGMENTACIÓN BASADA EN DETECCIÓN DE BORDES

- Ejemplo de la Aplicación de la Primera Derivada:



Derivada X (+128)



Derivada Y (+128)

Segmentación de Imágenes

SEGMENTACIÓN BASADA EN DETECCIÓN DE BORDES

- Existen algunos operadores para **obtención de bordes** con base en la primera derivada:

• **Filtro Sobel :**

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

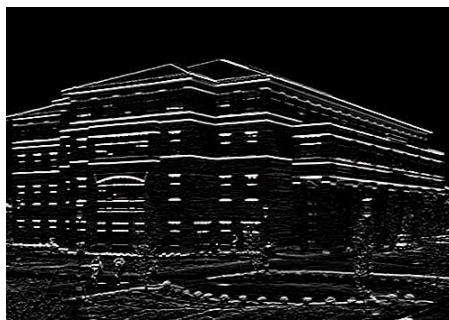
• **Filtro Prewit:**

-1	0	1
-1	0	1
-1	0	1

-1	-1	-1
0	0	0
1	1	1

Segmentación de Imágenes

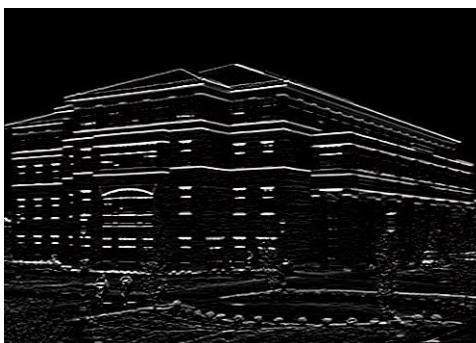
💡 SEGMENTACIÓN BASADA EN DETECCIÓN DE BORDES – FILTRO SOBEL



Segmentación de Imágenes



SEGMENTACIÓN BASADA EN DETECCIÓN DE BORDES – FILTRO PREWIT



Segmentación de Imágenes

SEGMENTACIÓN BASADA EN DETECCIÓN DE BORDES

- Existen algunos operadores para **obtención de bordes** con base en la primera derivada:

⌚ **Filtro Frei-Chen:**

-1	0	1
$-\sqrt{2}$	0	$\sqrt{2}$
-1	0	1

-1	$\sqrt{2}$	-1
0	0	0
1	$\sqrt{2}$	1

⌚ **Filtro Scharr:**

-3	0	3
-10	0	10
-3	0	3

-3	-10	-3
0	0	0
3	10	3

Segmentación de Imágenes

SEGMENTACIÓN BASADA EN DETECCIÓN DE BORDES

- Calculando la Magnitud del Gradiente se tiene $|G_x| + |G_y|$



Original



Scharf



Sobel



Prewitt

Segmentación de Imágenes

SEGMENTACIÓN BASADA EN DETECCIÓN DE BORDES

- El **Detector de Bordes Canny** es un algoritmo se fundamenta en la teoría de los operadores de primera derivada y resulta particularmente interesante porque extrae bordes y cierra los contornos evitando las rupturas de los bordes durante su extracción.
- Este detector de bordes tiene en cuenta ciertas condiciones:
 - Error: Se deben detectar todos y sólo los bordes.
 - Localización: La distancia entre el píxel señalado como borde y del borde real debe ser tan pequeña como se pueda
 - Respuesta: No se deben identificar varios píxeles como bordes cuando sólo exista uno.

Segmentación de Imágenes

SEGMENTACIÓN BASADA EN DETECCIÓN DE BORDES

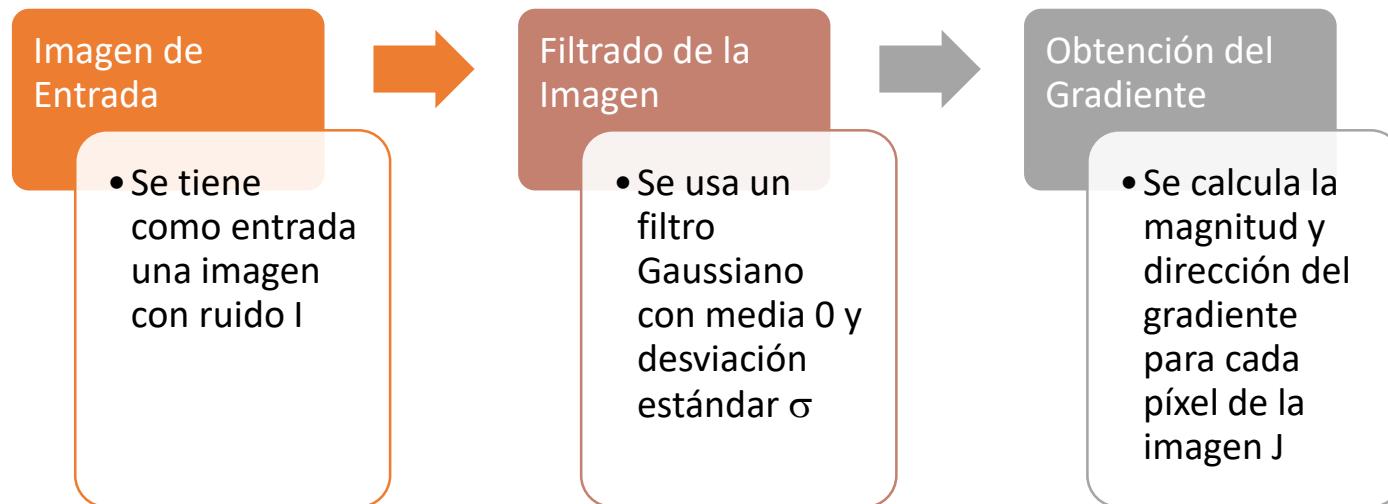
- El algoritmo del **Detector de Bordes Canny** básicamente consta de tres pasos:
 - Obtención del gradiente (magnitud y ángulo de cada píxel) de la imagen **suavizada**
 - Adelgazamiento del ancho de los bordes obtenidos con el gradiente, hasta lograr bordes de un píxel de ancho, se conoce como “**supresión no máxima**”
 - Histéresis de umbral al resultado de la supresión no máxima con la que se pretende reducir la posibilidad de aparición de contornos falsos.



Segmentación de Imágenes

SEGMENTACIÓN BASADA EN DETECCIÓN DE BORDES

El Detector de Bordes Canny - Obtención del Gradiente:



$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$$

$$|G| \approx |G_x| + |G_y|$$

$$\phi(x, y) = \tan^{-1} \frac{G_y}{G_x}$$

Segmentación de Imágenes

SEGMENTACIÓN BASADA EN DETECCIÓN DE BORDES

- El Detector de Bordes Canny - Obtención del Gradiente:



Original



Derivada en X sobre un Filtro Gaussiano

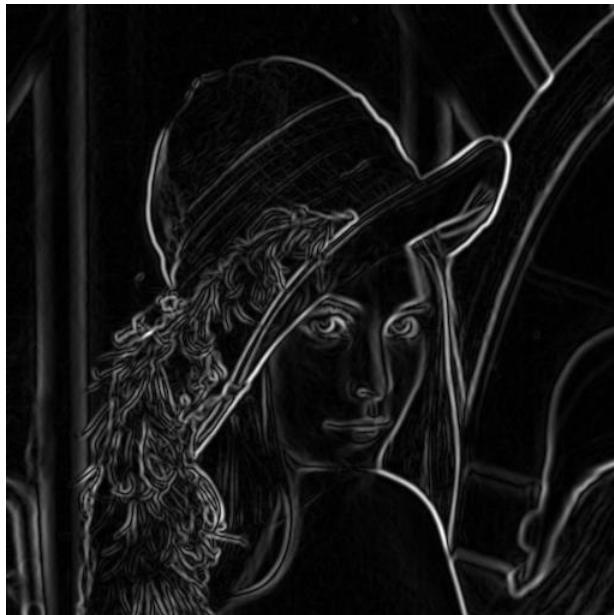


Derivada en Y sobre un Filtro Gaussiano

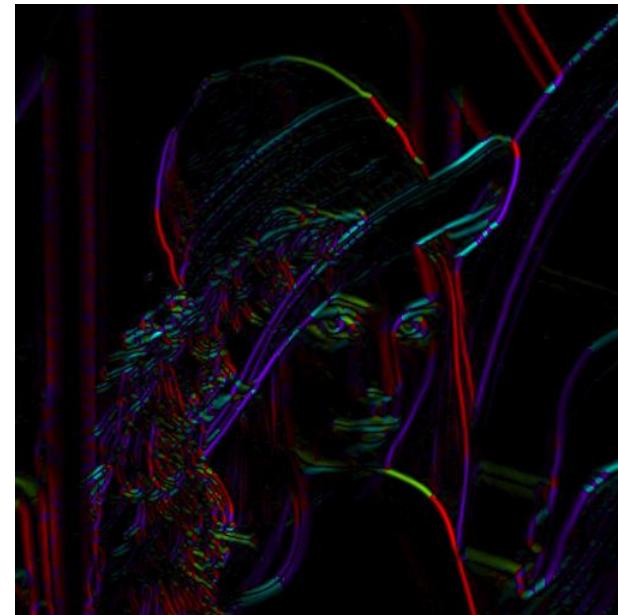
Segmentación de Imágenes

SEGMENTACIÓN BASADA EN DETECCIÓN DE BORDES

- El Detector de Bordes Canny - Obtención del Gradiente:



Magnitud del Gradiente



Orientación (con pseudocolor)

Segmentación de Imágenes

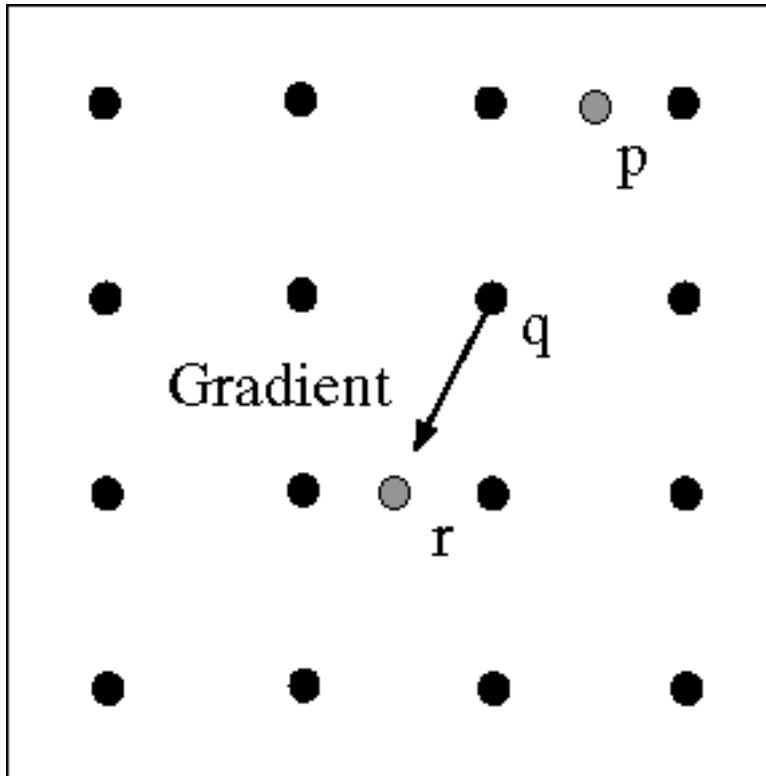
SEGMENTACIÓN BASADA EN DETECCIÓN DE BORDES

- El **Detector de Bordes Canny- Supresión No Máxima**: El objetivo es obtener bordes de 1 px de grosor al considerar únicamente px cuya magnitud es máxima en bordes gruesos y descartar aquellos cuyas magnitudes no alcancen ese máximo.
- El resultado de la etapa anterior son dos imágenes una de la magnitud del gradiente (E_m) y una con la dirección del gradiente (E_a).
- La supresión no máxima se realiza de la siguiente manera:
 1. Para todo punto (x, y) se obtiene la dirección más cercana a 0° , 45° , 90° y 135° a partir de la imagen E_a a la que denotamos d_k .
 2. Si $E_m(x,y)$ es menor que uno de sus dos vecinos en la dirección d_k entonces al píxel (x,y) de la nueva imagen I_N se le asigna el valor 0 (supresión) de otro modo $I_N(x,y) = E_m(x,y)$

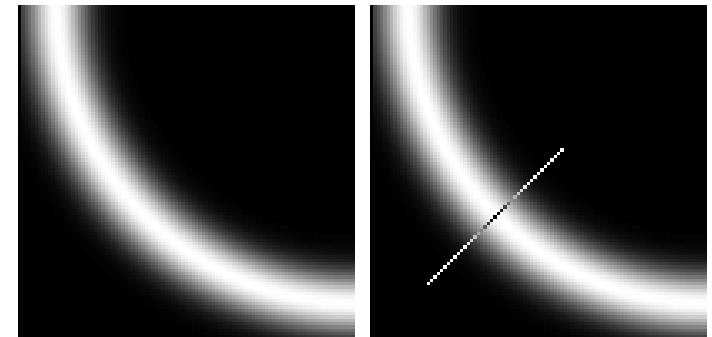
Segmentación de Imágenes

SEGMENTACIÓN BASADA EN DETECCIÓN DE BORDES

- El Detector de Bordes Canny- Supresión No Máxima:



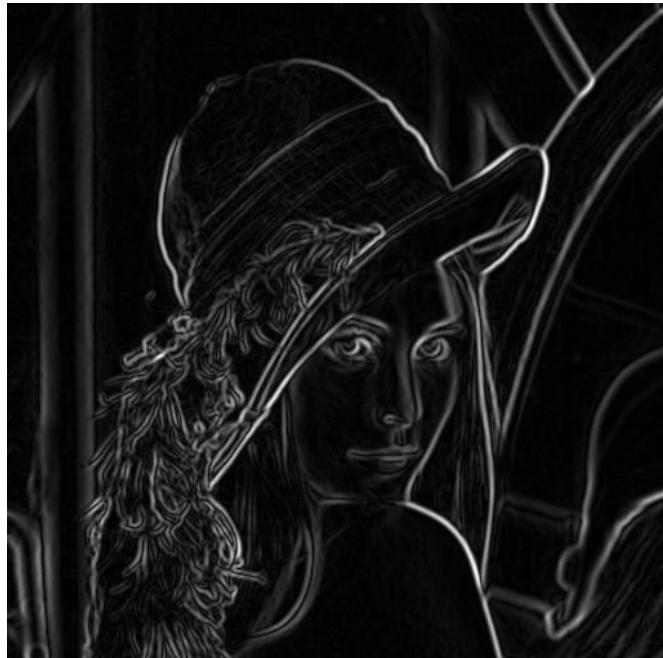
En q tenemos un máximo si el valor de su magnitud del gradiente es mayor que la de los píxeles (p y r) en su dirección de cambio.



Segmentación de Imágenes

SEGMENTACIÓN BASADA EN DETECCIÓN DE BORDES

- El Detector de Bordes Canny- Supresión No Máxima:



Antes de la Supresión de No-Máximos



Después de la Supresión de No-Máximos

Segmentación de Imágenes

SEGMENTACIÓN BASADA EN DETECCIÓN DE BORDES

- El **Detector de Bordes Canny- Histéresis**: Con este paso se busca eliminar los máximos que son provenientes de ruido:
- Se toma como entrada la imagen I_N , (la salida del paso anterior) y la imagen E_a (la orientación de los bordes) y dos umbrales t_1 y t_2 , tal que $t_1 < t_2$.
- Recorriendo la imagen I_N en un orden establecido:
 1. Localice el siguiente punto de borde no explorado previamente tal que $I_N(x, y) > t_2$
 2. Comience a partir del punto $I_N(x,y)$, siga todas las cadenas de máximos locales conectados en ambas direcciones perpendiculares a la normal del borde, siempre que $I_N > t_1$. Marque todos los puntos explorados y guarde todos los puntos del contorno que se encontraron.

La salida es un conjunto de bordes conectados de contornos de la imagen, así como la magnitud y la orientación.

Segmentación de Imágenes

SEGMENTACIÓN BASADA EN DETECCIÓN DE BORDES

- El Detector de Bordes Canny- Histéresis:



Umbralización simple (Sin Histéresis)



Umbralización usando Histéresis



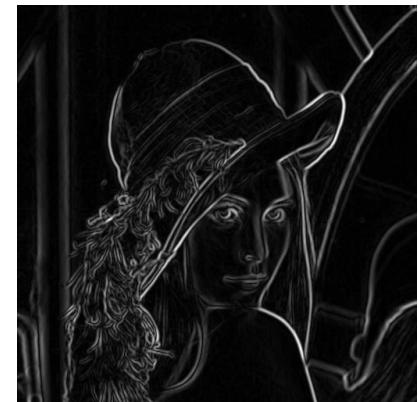
SEGMENTACIÓN BASADA EN DETECCIÓN DE BORDES- CANNY



Imagen Original



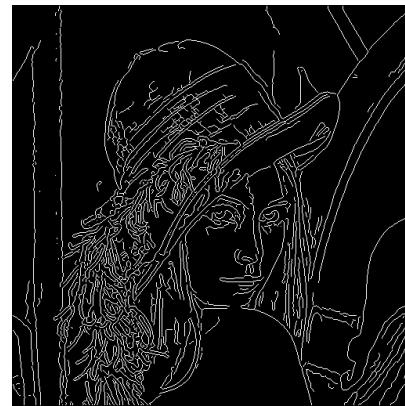
Imagen Escala de Grises



Magnitud del Gradiente



Supresión NO Máxima



Bordes



SEGMENTACIÓN BASADA EN DETECCIÓN DE BORDES- CANNY



Imagen Original



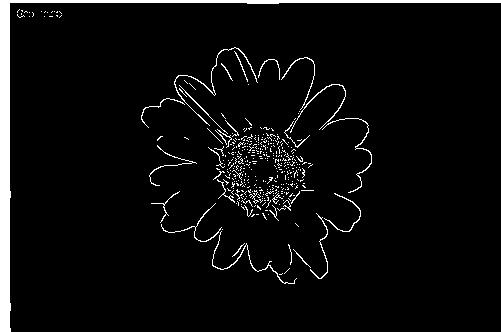
Imagen Escala de Grises



Magnitud del Gradiente



Supresión NO Máxima



Bordes



<http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/HIPR2/cannydemo.htm>

SEGMENTACIÓN BASADA EN DETECCIÓN DE BORDES

⌚ El Detector de Bordes Canny – Efecto de la Selección de σ :



Original



Canny con $\sigma = 1$



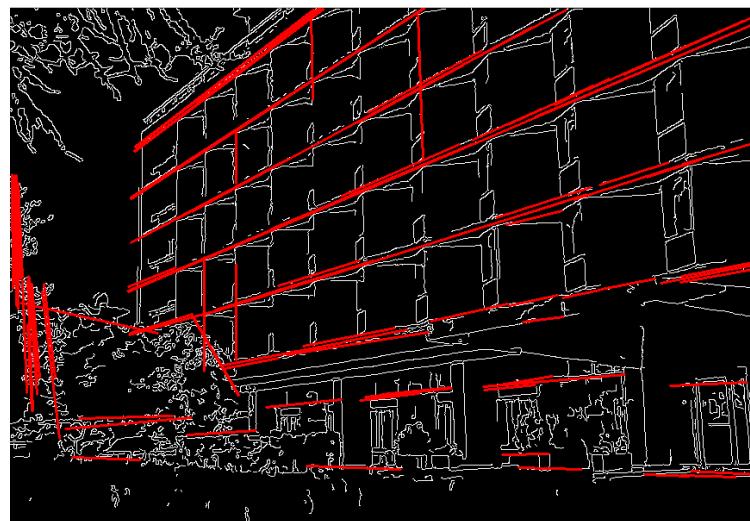
Canny con $\sigma = 2$

⌚ La elección de σ depende del comportamiento que se quiera:

- Un valor de σ alto detectará bordes de “gran escala”
- Un valor de σ pequeño detectará bordes y rasgos finos en la imagen

SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES

TRANSFORMADA HOUGH



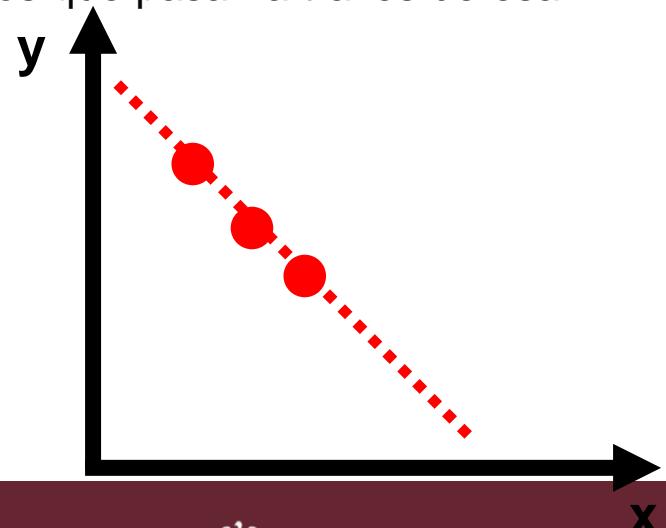
Segmentación de Imágenes

SEGMENTACIÓN BASADA EN DETECCIÓN DE BORDES

- La **Transformada Hough** permite encontrar ciertas formas dentro de una imagen, como líneas y círculos. La versión más simple consiste en encontrar líneas.
- Funcionamiento ... suponga que estamos buscando líneas rectas en una imagen.
- ✓ Si tomamos una línea en la imagen, todos los puntos que pasan a través de esa línea tienen la forma:

$$y = mx + b$$

Donde x e y son variables y m y b con constantes.

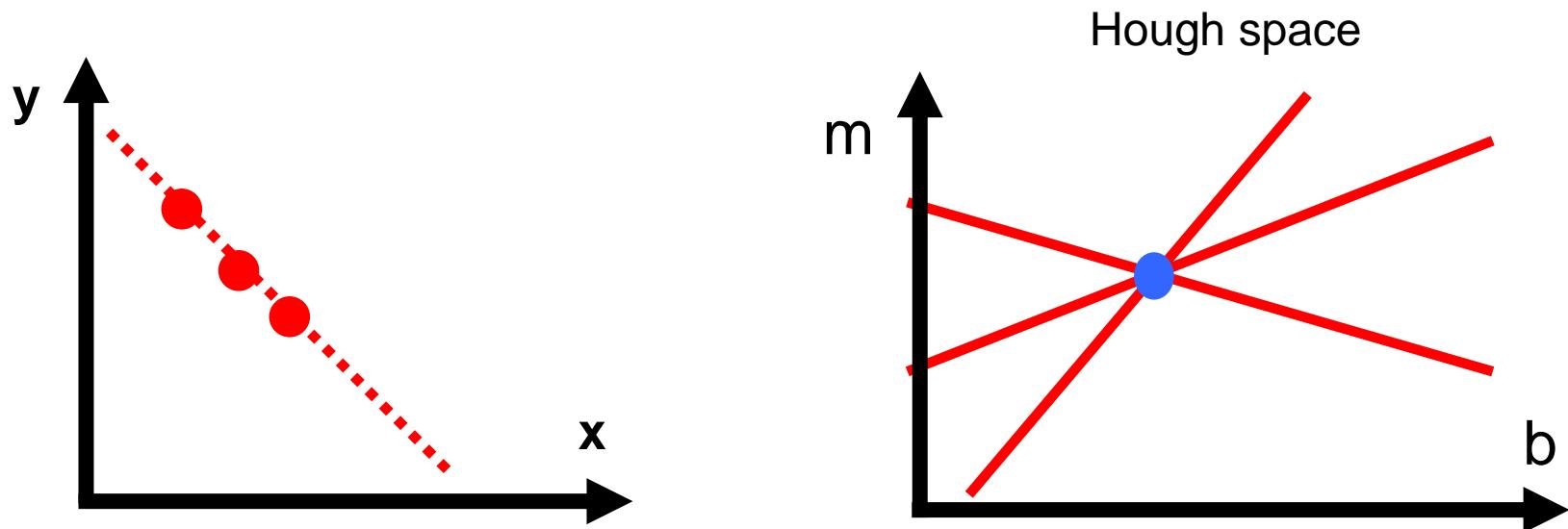


SEGMENTACIÓN BASADA EN BORDES – TRANSFORMADA DE HOUGH

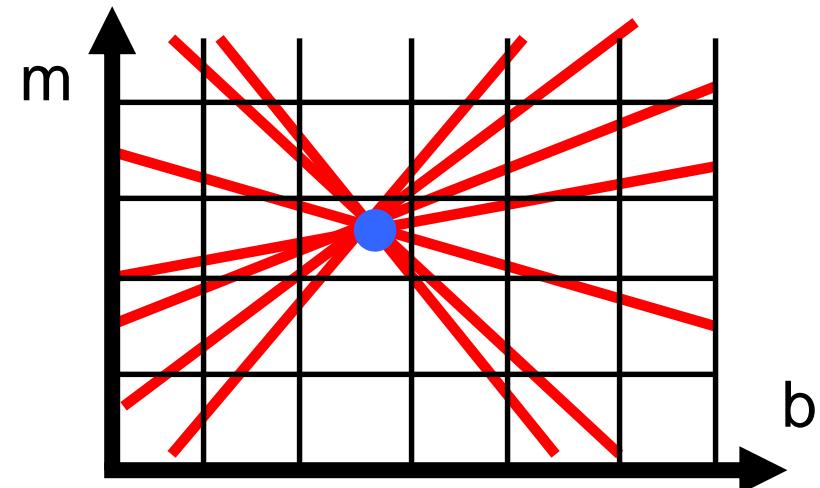
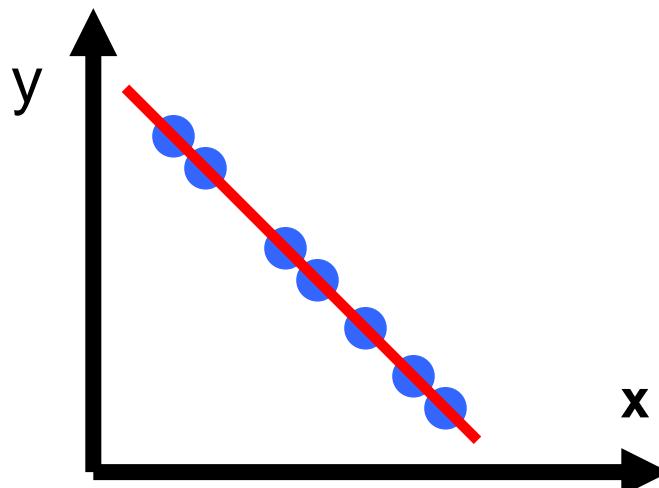
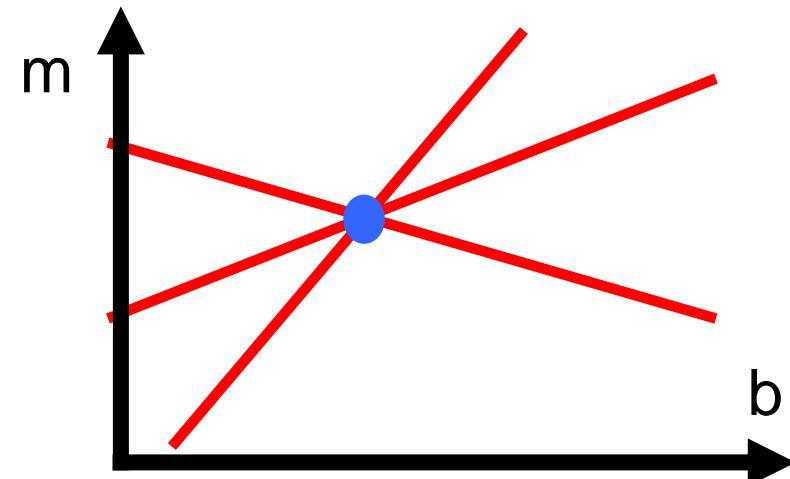
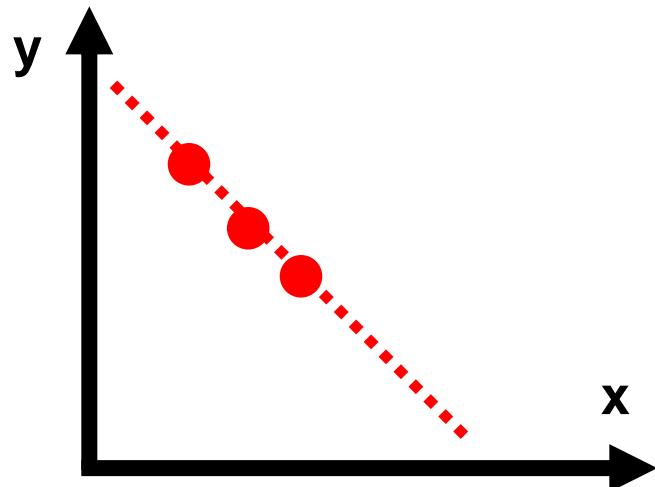
- Por otro lado, si asumimos que la pendiente y el desplazamiento son constantes, entonces un punto en el dominio de la imagen correspondería a una línea en el dominio de los parámetros, es decir el mismo punto puede pertenecer a diferentes líneas con pendientes y desplazamientos distintos:

$$y' = mx' + b$$

Donde x' e y' son constantes y m y b son las variables.



SEGMENTACIÓN BASADA EN BORDES – TRANSFORMADA DE HOUGH

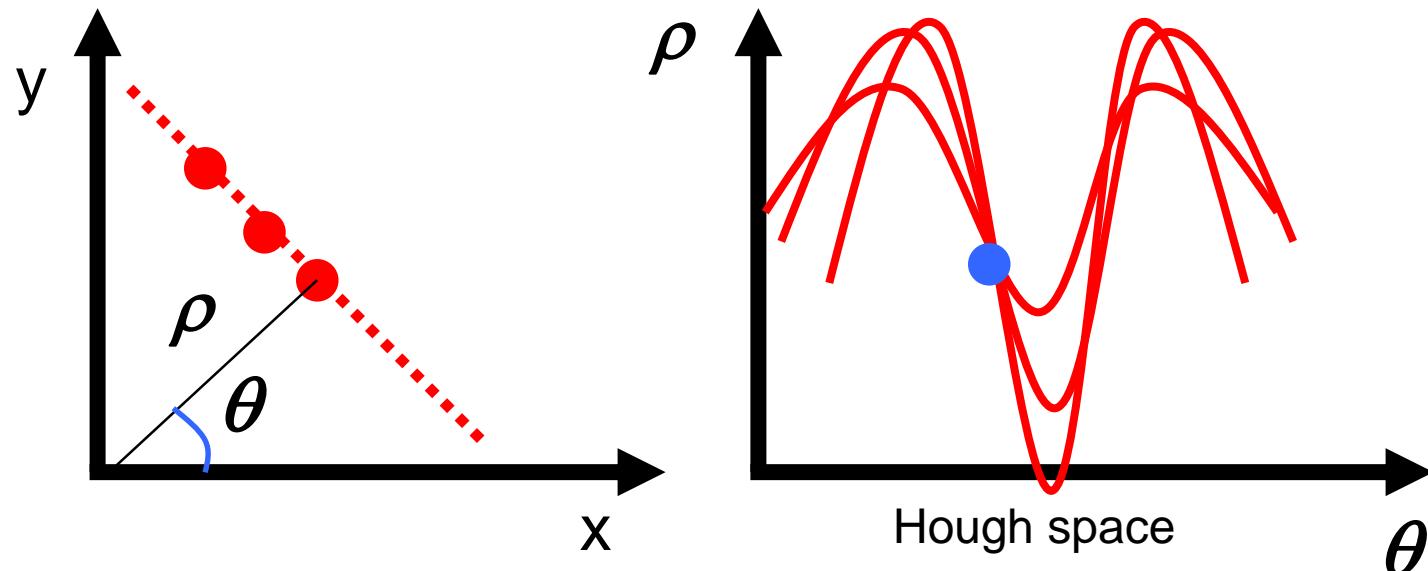


Segmentación de Imágenes

SEGMENTACIÓN BASADA EN BORDES – TRANSFORMADA DE HOUGH

- Por la limitación del espacio de Hough, se usa una representación **POLAR** del mismo:

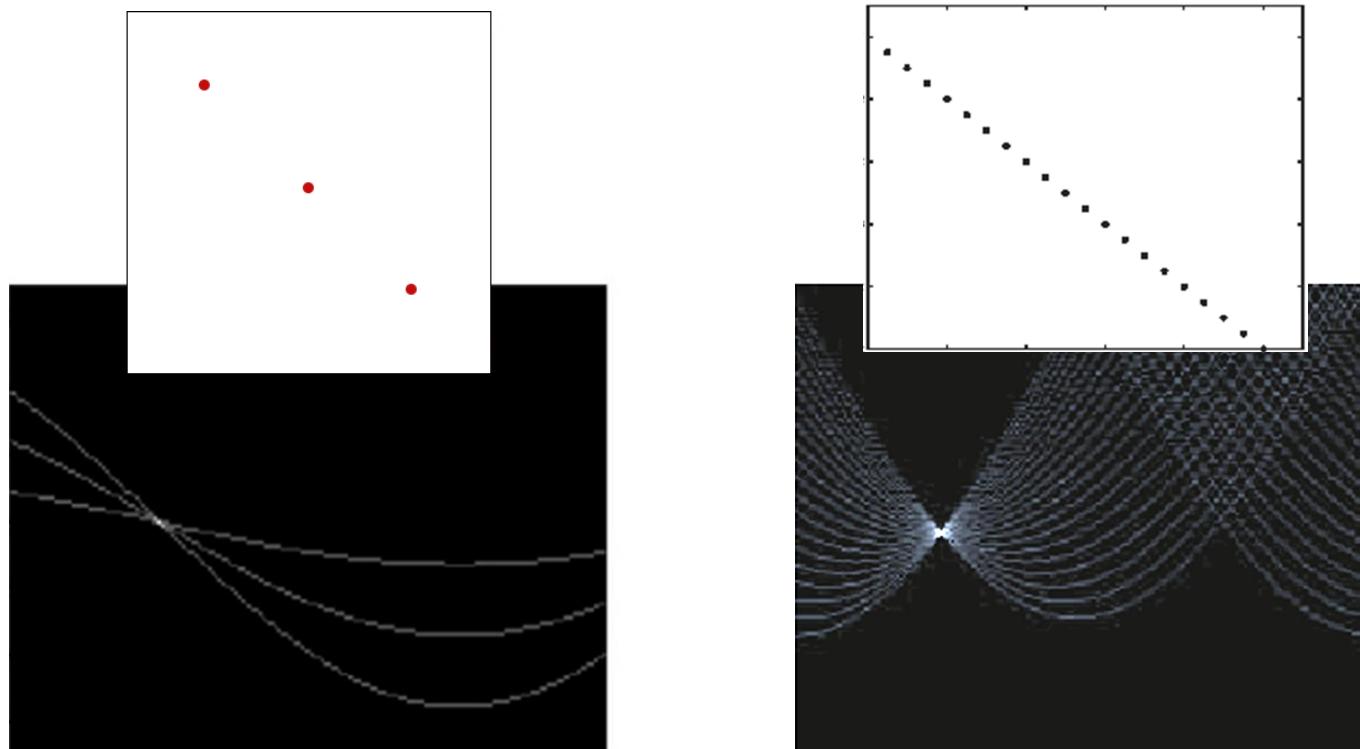
$$x \cos \theta + y \sin \theta = \rho$$



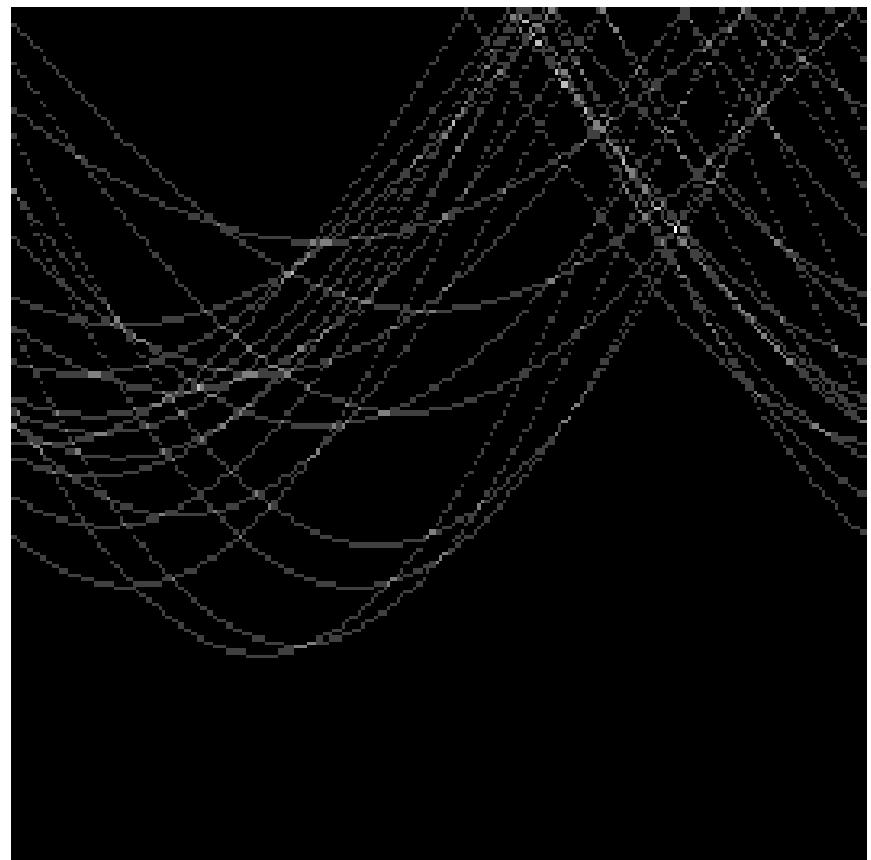
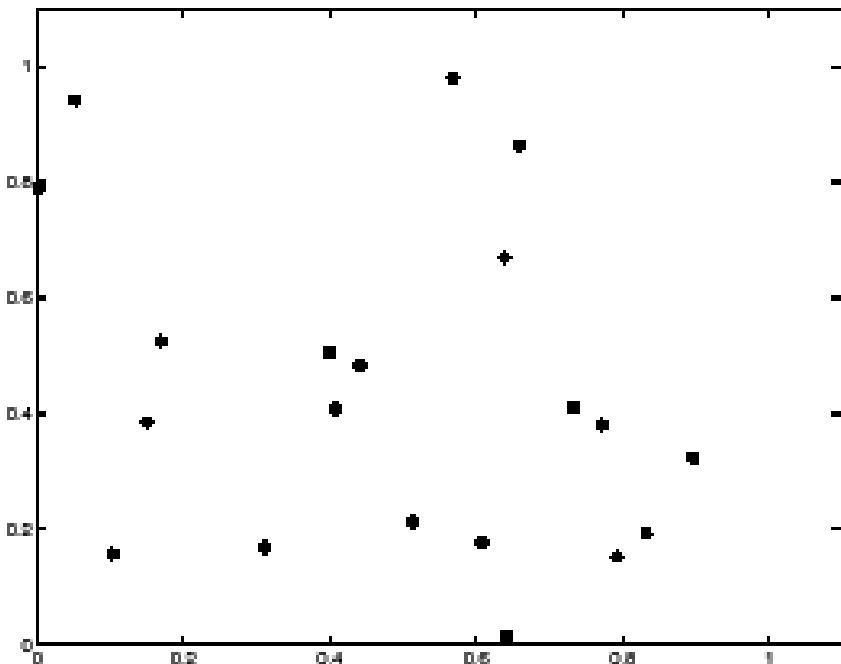
Segmentación de Imágenes

SEGMENTACIÓN BASADA EN BORDES – TRANSFORMADA DE HOUGH

- Para todos los puntos que pertenecen a una línea, Las curvas que los representan se intersectan en un mismo punto en el espacio de Hough.

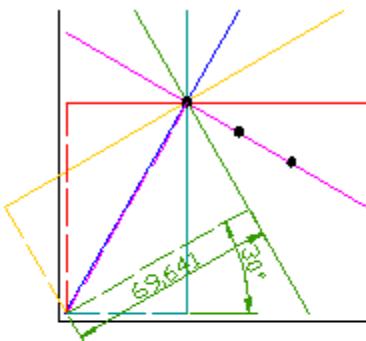


SEGMENTACIÓN BASADA EN BORDES – TRANSFORMADA DE HOUGH

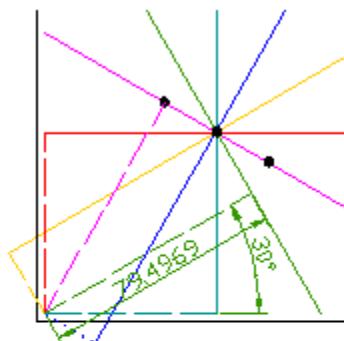


SEGMENTACIÓN BASADA EN BORDES – TRANSFORMADA DE HOUGH

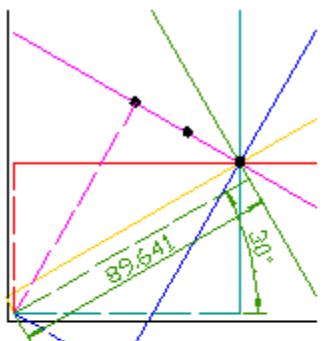
La Transformada Hough



Angle	Dist.
0	40
30	69.6
60	81.2
90	70
120	40.6
150	0.4



Angle	Dist.
0	57.1
30	79.5
60	80.5
90	60
120	23.4
150	-19.5



Angle	Dist.
0	74.6
30	89.6
60	80.6
90	50
120	6.0
150	-39.6

- Para cada punto se traza una serie de líneas en todos los ángulos (líneas continuas).
- Para cada línea continua se traza una línea perpendicular que cruza el origen (líneas punteadas).
- Se mide la longitud de cada línea perpendicular al origen y el ángulo de la misma.
- Se crea un gráfico de las longitudes de cada línea vs ángulo, lo que se conoce como el espacio Hough.

- Los puntos donde las curvas se intersectan en una distancia y ángulo dado, indican las líneas que pasan a través de los puntos.

Segmentación de Imágenes

SEGMENTACIÓN BASADA EN BORDES – TRANSFORMADA DE HOUGH

- La Transformada Hough

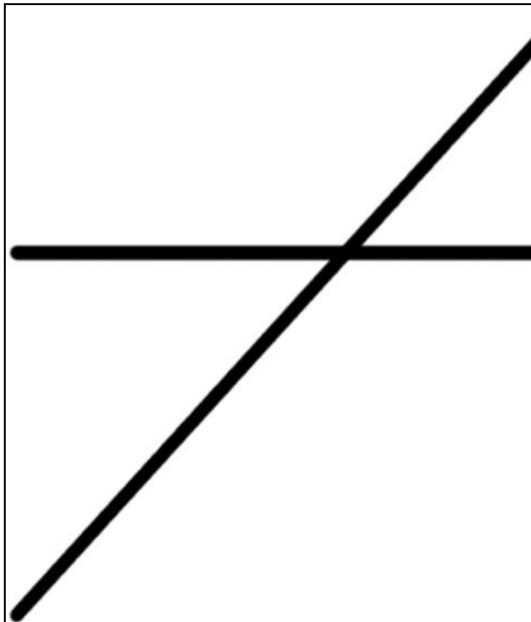
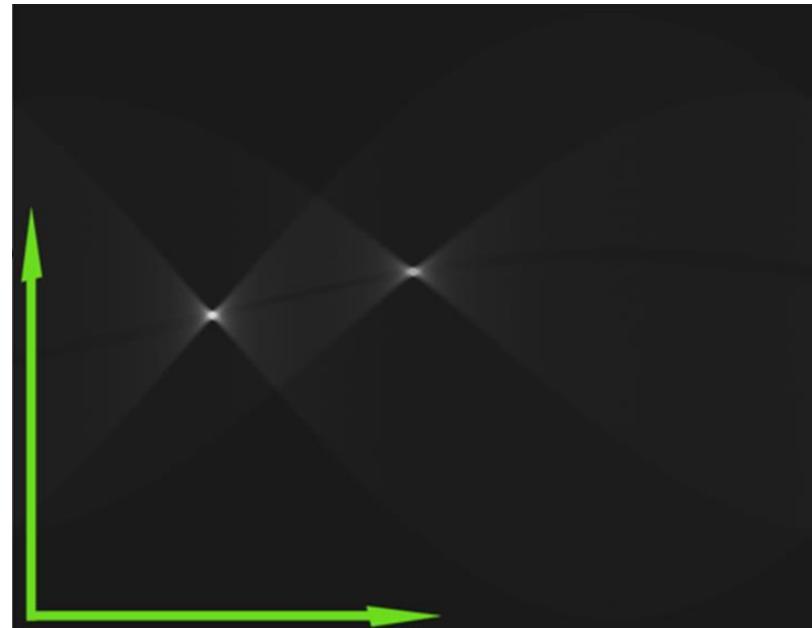


Imagen Original

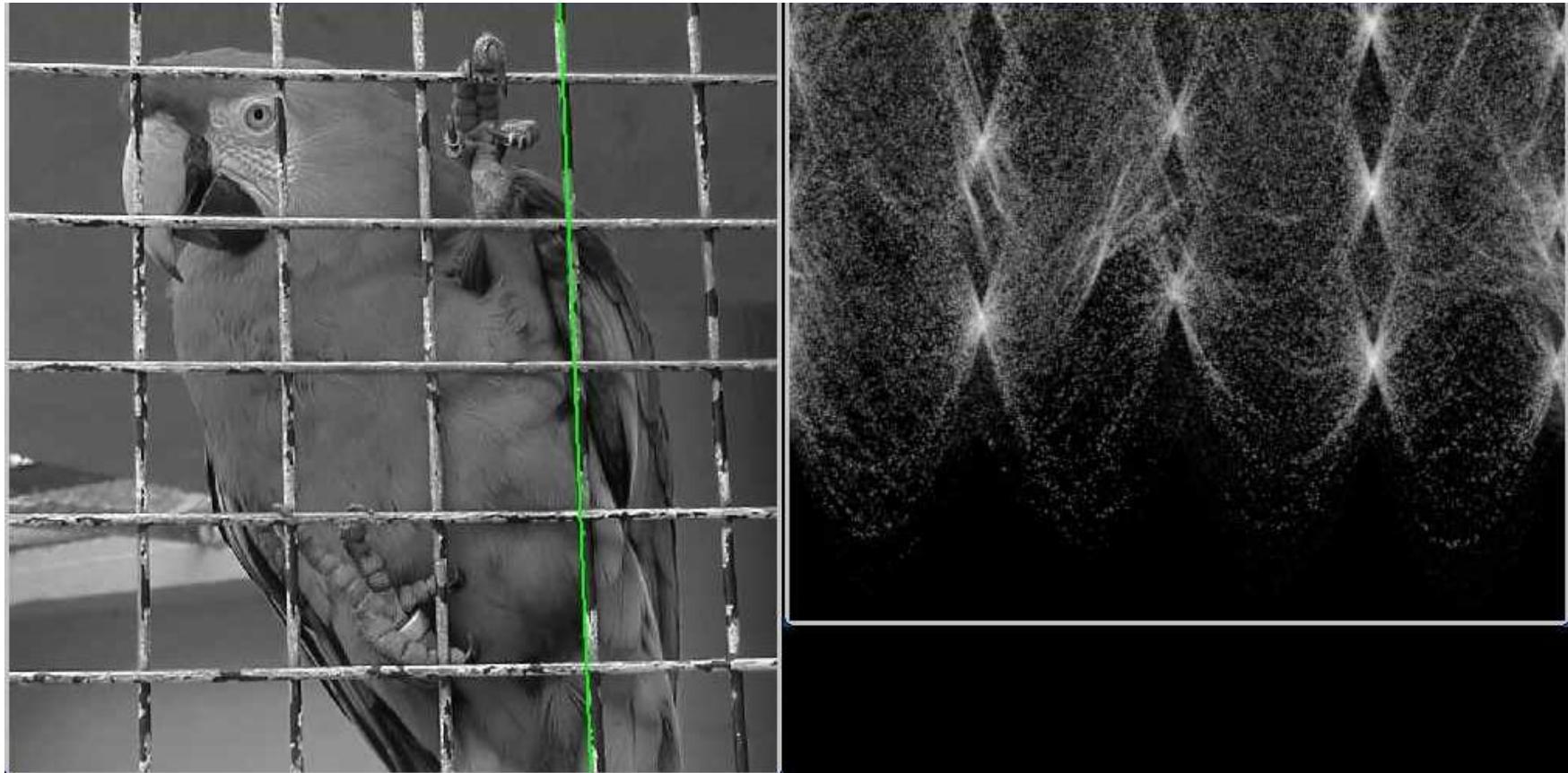


Espacio de Hough

<http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/HIPR2/hough.htm>

Segmentación de Imágenes

SEGMENTACIÓN BASADA EN BORDES – TRANSFORMADA DE HOUGH



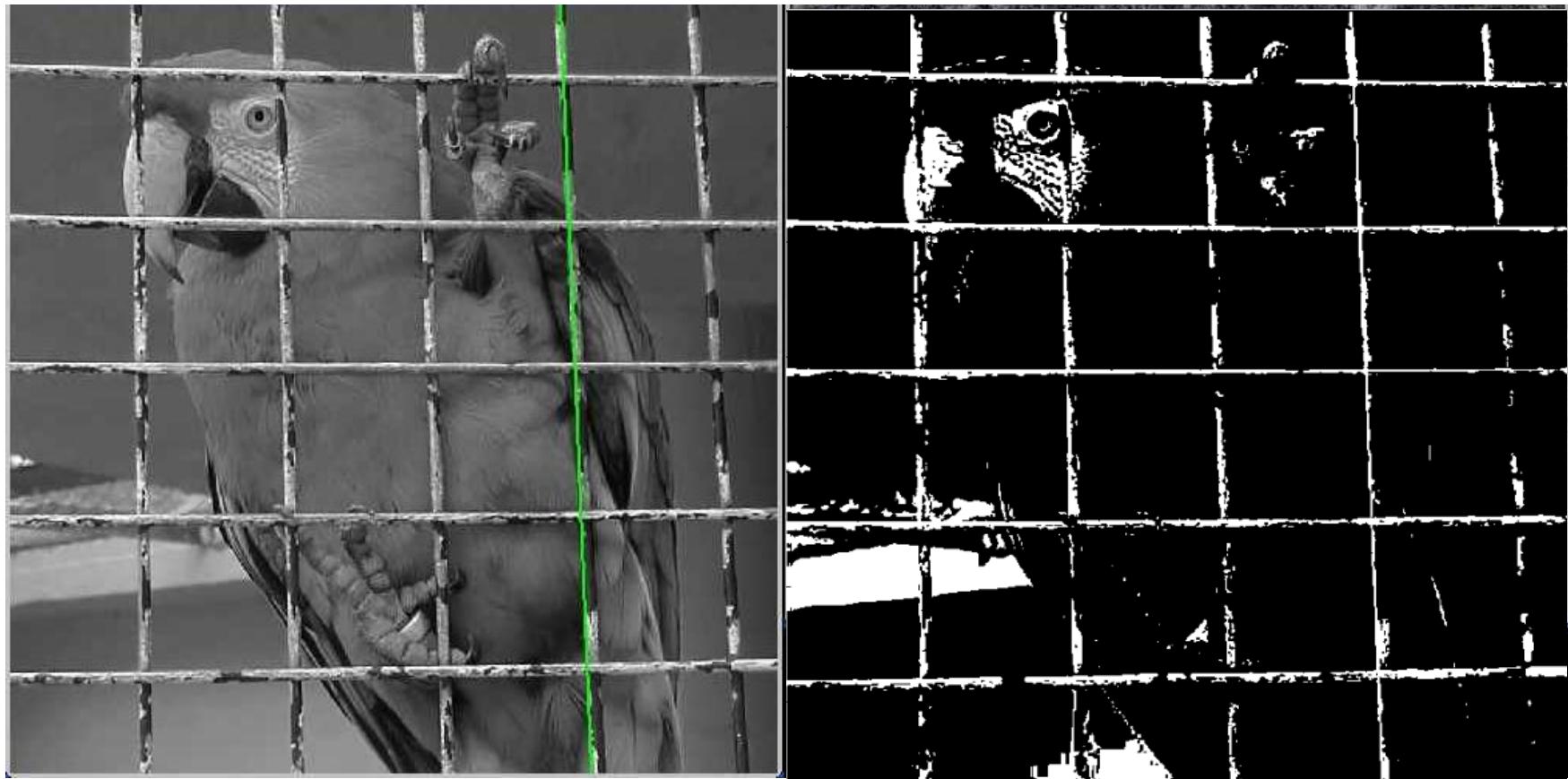
SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES

SEGMENTACIÓN BASADA EN REGIONES



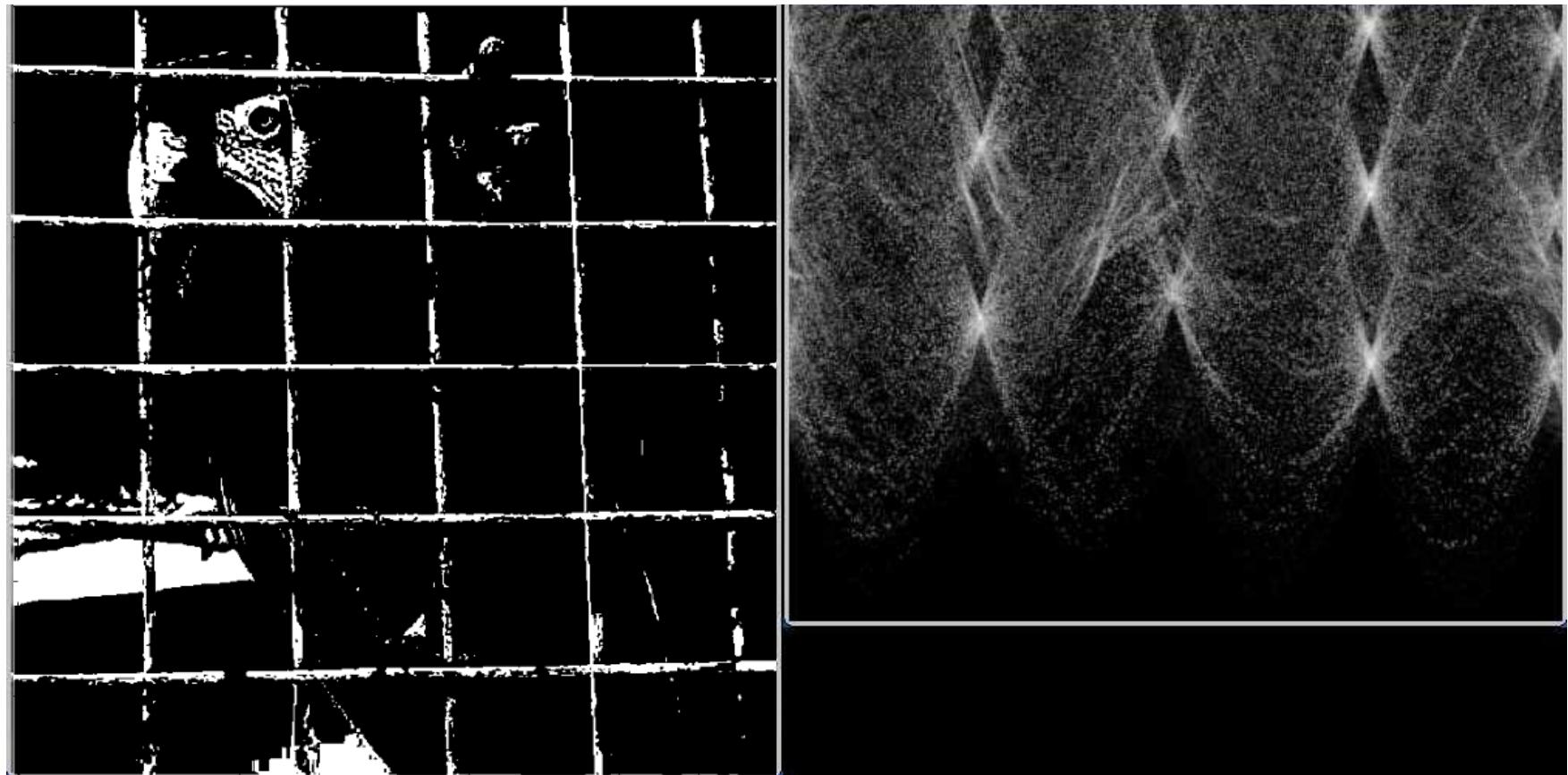
SEGMENTACIÓN BASADA EN BORDES – TRANSFORMADA DE HOUGH

Vamos a segmentar la imagen primero. ¿Qué método podriamos usar?





SEGMENTACIÓN BASADA EN BORDES – TRANSFORMADA DE HOUGH



Facultad de Minas
Sede Medellín

Gidia
Grupo de I+D
en Inteligencia Artificial



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Segmentación de Imágenes

SEGMENTACIÓN BASADA EN REGIONES

- La Segmentación Basada en Regiones se caracterizan porque construyen las regiones directamente, trabajan mejor en imágenes con ruido, en donde los bordes son difíciles de detectar, usan información de la conectividad para crear las regiones.
- Formulación Básica:** Sea R la imagen entera. La segmentación es un proceso que divide R en n subregiones R_1, R_2, \dots, R_n , tal que se deben cumplir las siguientes condiciones:

$$\bigcup_{i=1}^n R_i = R$$

$$R_i \cap R_j = \emptyset \text{ para todo } i \neq j, i, j \in \{1, 2, \dots, n\}$$

$$P(R_i) = \text{VERDADERO} \text{ para } i = 1, 2, \dots, n$$

$$P(R_i \cup R_j) = \text{FALSO} \text{ para } i \neq j$$

Las últimas 2 condiciones indican que la región cumple una **propiedad** y que los pixeles de 2 regiones son distintos en el sentido de esa **propiedad**, que define la segmentación.

Segmentación de Imágenes

SEGMENTACIÓN BASADA EN REGIONES

- El Crecimiento de Regiones agrupa los píxeles para formar regiones con características similares:
- El algoritmo comienza con una colección de píxeles iniciales (“semillas”) a los que en un proceso iterativo se les agregan los píxeles adyacentes (crecimiento) que tengan una propiedad similar a la semilla, por ejemplo:

$$|\text{intensidad_vecino} - \text{intensidad_semilla}| < T$$

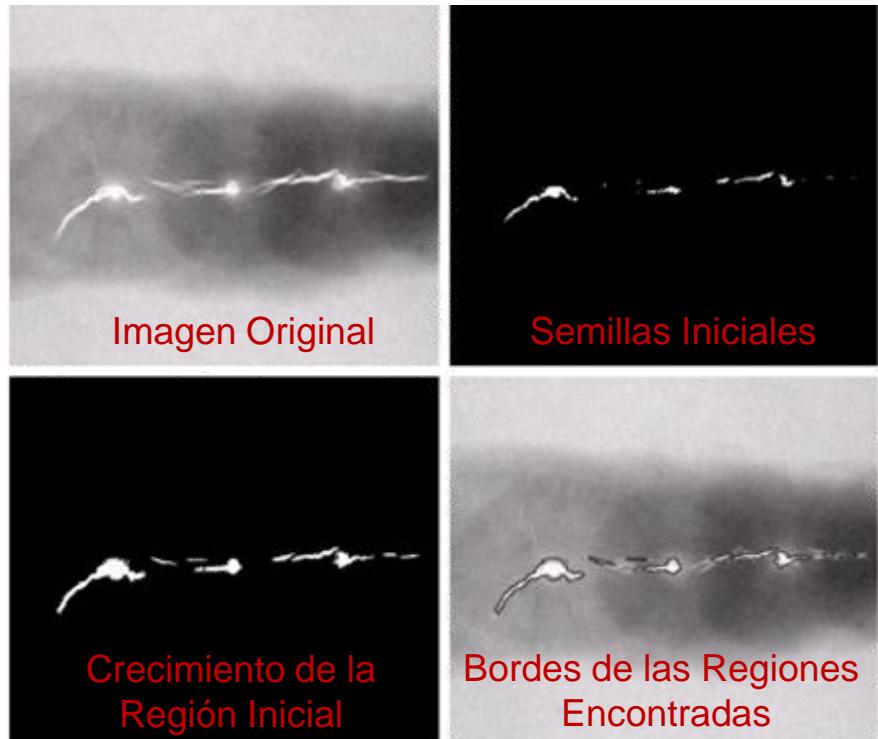
- La selección de semillas depende de la naturaleza del problema.
- El resultado depende de la elección inicial de las semillas

SEGMENTACIÓN BASADA EN REGIONES

● El Crecimiento de Regiones:

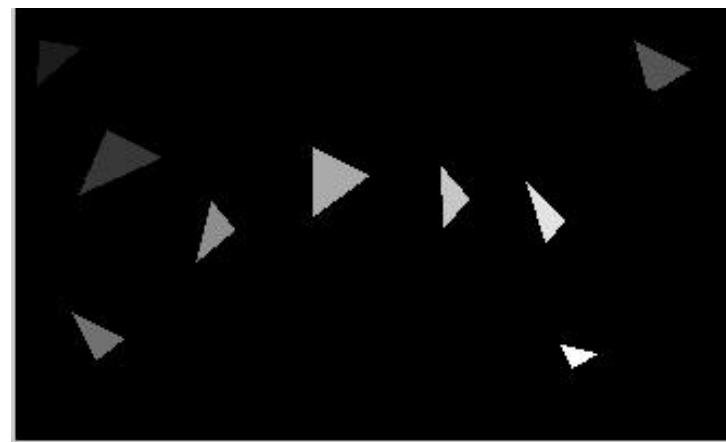
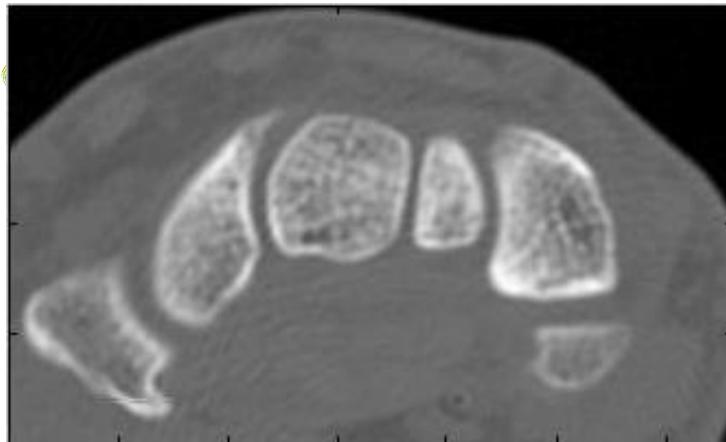
- Se seleccionan las semillas: puntos con valor 255.
- Se eligen criterios para el crecimiento:
 - El valor absoluto de la diferencia del nivel de gris entre un píxel y la semilla debe ser menor que 65.
 - Tienen que tener vecindad 8 con al menos un píxel de la región.
 - Si un píxel está en más de una región, ambas regiones se unen.

El uso de la conectividad en este ejemplo hace que pueda resolverse el problema que no hubiera sido posible sólo con umbralización (pues hay zonas blancas fuera de la pieza).





SEGMENTACIÓN BASADA EN REGIONES



<http://www.lems.brown.edu/~msj/cs292/assign5/segment.html>

Segmentación de Imágenes

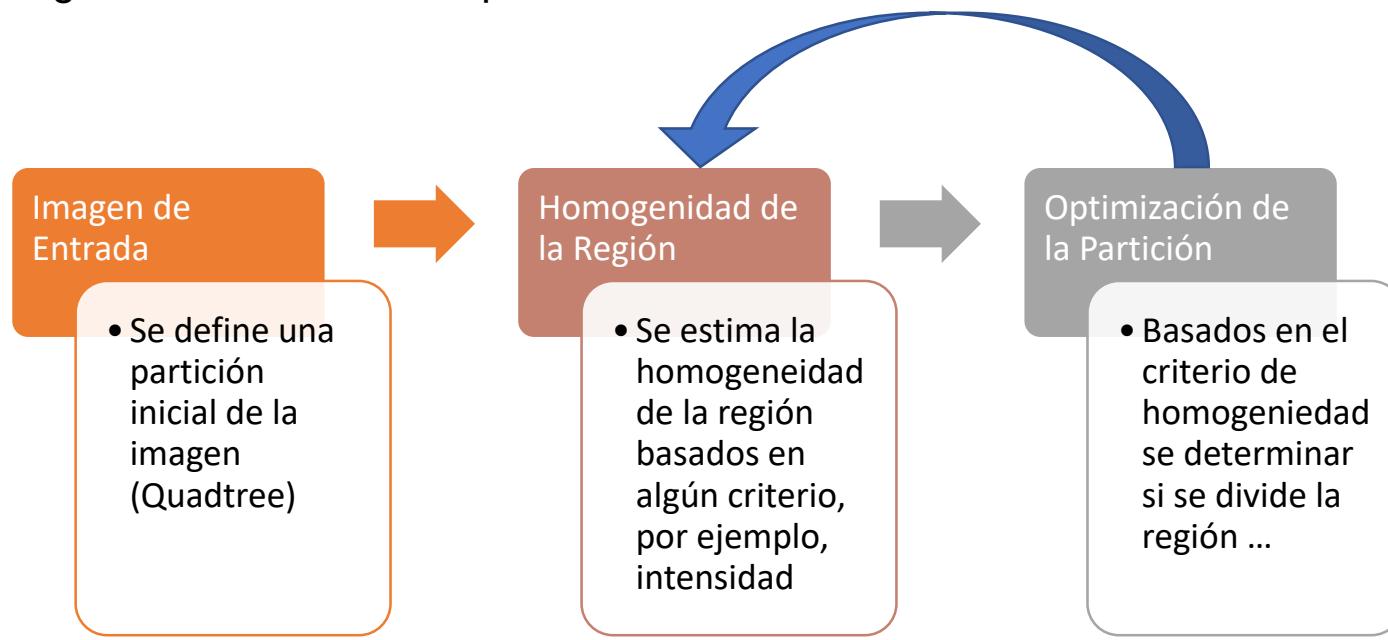
SEGMENTACIÓN BASADA EN REGIONES

- ➊ La **División de Regiones** es un proceso en cierta forma opuesto al crecimiento de regiones en el que se parte de una única región que representa a toda la imagen, y si dicha región no satisface el criterio de homogeneidad establecido, la región inicial se divide, de manera secuencial, en subregiones de las que se estudia su homogeneidad.
- ➋ Si una subregión está formada por puntos homogéneos, no se subdivide; si no, se sigue dividiendo.
- ➌ Los criterios utilizados para dividir regiones son similares a los usados para agruparlas, y sólo se diferencian en la dirección en que se aplican.

Segmentación de Imágenes

SEGMENTACIÓN BASADA EN REGIONES

- La **División de Regiones**: El algoritmo general en la segmentación por división de regiones consta de 3 etapas:



Segmentación de Imágenes

SEGMENTACIÓN BASADA EN REGIONES

La División de Regiones:

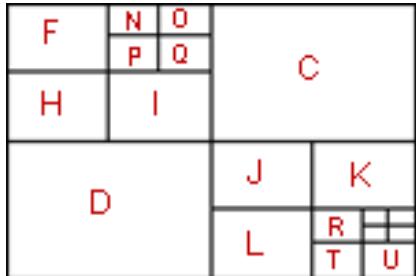
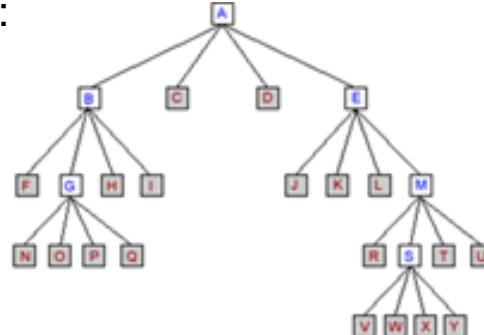
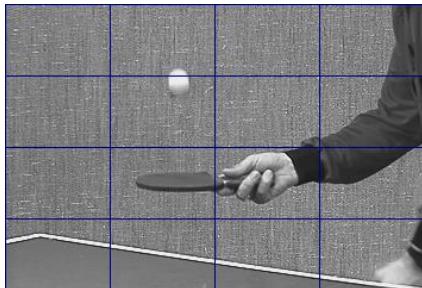


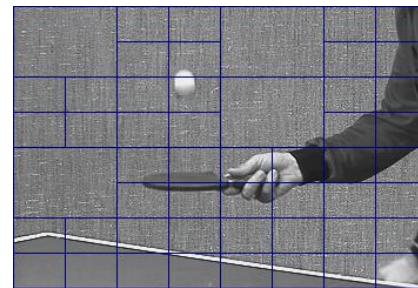
Imagen Partitionada



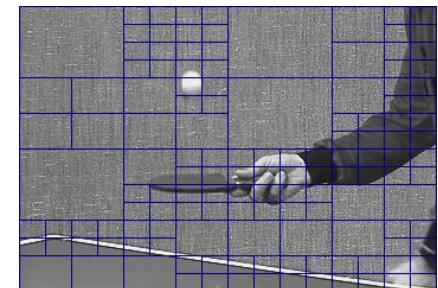
Quadtree de la Imagen



División Inicial



Segunda División



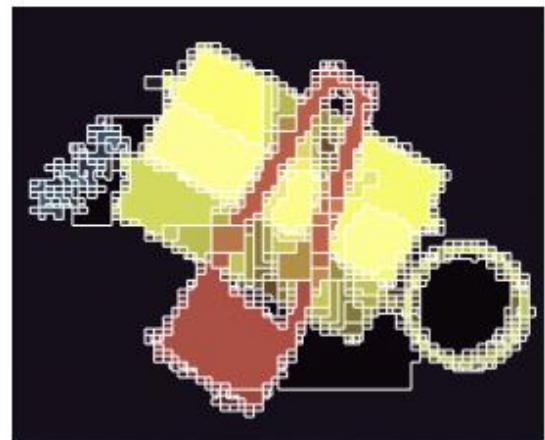
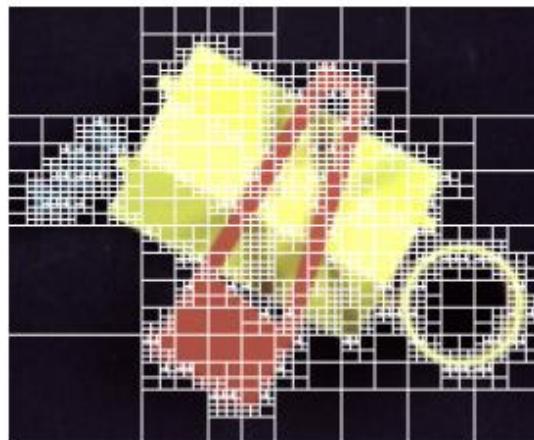
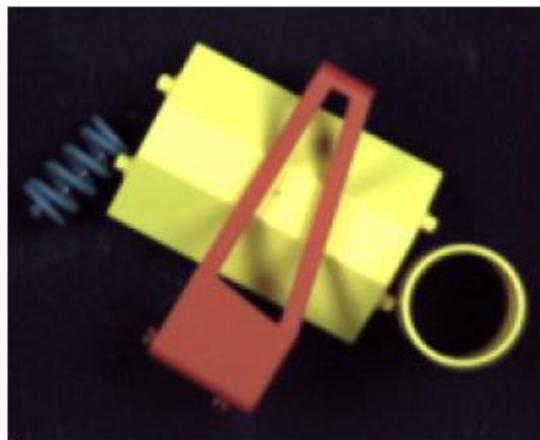
Tercera División

La partición final generalmente contiene regiones adyacentes con idénticas propiedades, que deben unirse (merge):

Segmentación de Imágenes

SEGMENTACIÓN BASADA EN REGIONES

- La División de Regiones:



Segmentación de Imágenes

SEGMENTACIÓN BASADA EN REGIONES

- La Segmentación por Watershed Es una técnica que consiste en interpretar la imagen como una superficie topográfica donde el nivel de gris de un punto indica la altitud en dicho punto, es decir, la imagen se considera un gráfico 3D.
- La idea básica consiste en utilizar los mínimos locales de la imagen como un conjunto de cuencas en las que se irá vertiendo agua.
- Llega un punto en el que si seguimos llenando una cuenca esta se desbordaría, por tanto, para evitar este desbordamiento se construye un dique (o presa) para evitar que el agua de una cuenca pase a otra.
- Estos diques serían los contornos de las imágenes a reconocer.

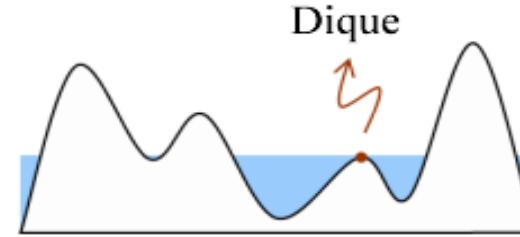
Segmentación de Imágenes

SEGMENTACIÓN BASADA EN REGIONES

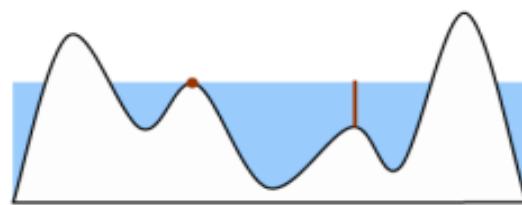
- La Segmentación por Watershed



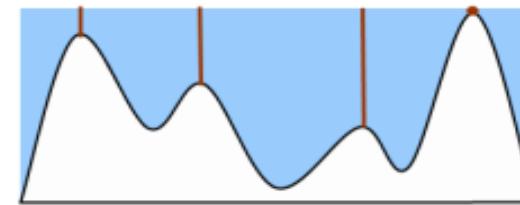
(a)



(b)



(c)



(d)

Idea de Wathershed

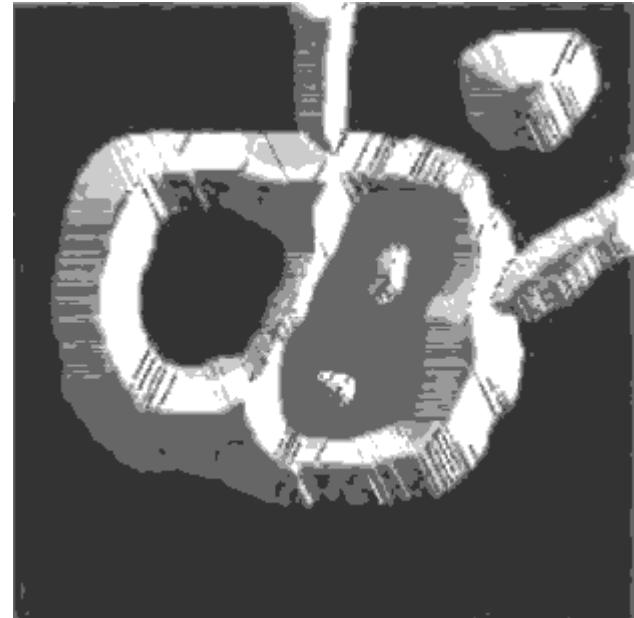
Segmentación de Imágenes

SEGMENTACIÓN BASADA EN REGIONES

La Segmentación por Watersheds:

Se consideran 3 tipos de puntos:

- Puntos que pertenecen a un **mínimo** de una región
- Puntos **ladera**, si cae agua en ellos esta se dirigirá hacia un único punto mínimo.
- Puntos **cresta**, si cae agua en ellos sería igualmente probable que cayera a varios mínimos. Estos puntos forman líneas crestas, diques o líneas watershed.



Segmentación de Imágenes

SEGMENTACIÓN BASADA EN REGIONES

- La Segmentación por Watersheds – Algoritmo:
- Sean M_1, M_2, \dots, M_R el conjunto de coordenadas que representan los mínimos locales en la imagen I
- Denote como $C(M_i)$ las coordenadas asociadas con la cuenca hidrográfica con mínimo M_i .
- Sea $T[n]$ el conjunto de puntos en la imagen para los cuales $I(x,y) < n$

- La Segmentación por Watersheds – Algoritmo:
- **Paso 1:** Encuentre el mínimo y el máximo en la imagen y denótelos min y max, respectivamente. Asigne las coordenadas de cada mínimo a M_i . El terreno será inundado en incrementos de 1 desde $n = \min+1$. Sea $C_n(M_i)$ las coordenadas en la cuenca asociada con el mínimo M_i que son inundadas en el tiempo n.
- **Paso 2:** Calcule $C_n(M_i) = C(M_i) \cap T[n]$
Si $(x,y) \in C(M_i)$ y $(x,y) \in T[n]$, entonces $C_n(M_i) = 1$ en la posición (x,y) , en otro caso, $C_n(M_i) = 0$

Así $C[n]$ es la unión de las cuencas hidrográficas en el tiempo n:

$$C[n] = \bigcup_{i=1}^R C_n(M_i)$$

Asigne $n = n+1$;

Segmentación de Imágenes

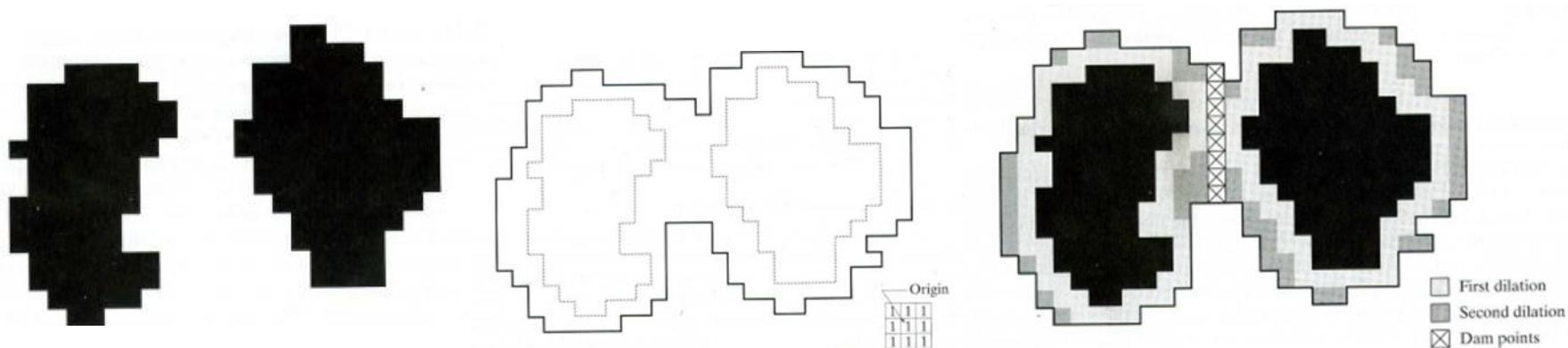
SEGMENTACIÓN BASADA EN REGIONES

- La Segmentación por Watersheds – Algoritmo:
- **Paso 3:** Encuentre las componentes conectadas en $T[n]$ y denótelas como Q . Para cada componente $q \in Q[n]$ hay tres condiciones:
 - Si $q \cap C[n-1]$ es vacío, entonces incorpore q a $C[n]$ ya que este representa un nuevo mínimo
 - Si $q \cap C[n-1]$ contiene un componente conectado de $C[n-1]$, entonces incorpore q a $C[n]$ ya que este pertenece a la cuenca de algún mínimo.
 - Si $q \cap C[n-1]$ contiene más de un componente conectado de $C[n-1]$, este representa las partes en las que se unen dos cuencas, es decir las crestas y por tanto debemos agregarlas a los diques.

Segmentación de Imágenes

SEGMENTACIÓN BASADA EN REGIONES

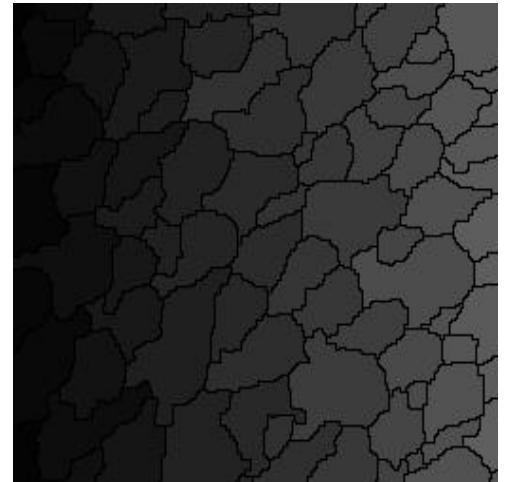
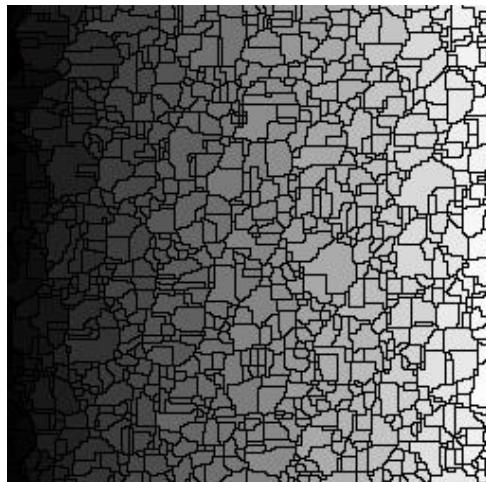
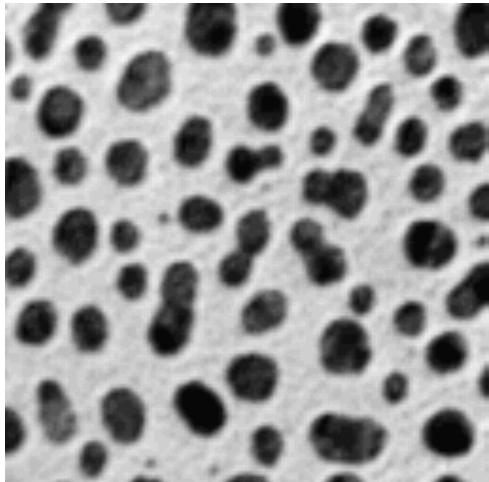
- La Segmentación por Watersheds:



La forma más simple de aplicar esta técnica es mediante el uso de operaciones de dilatación morfológica.

SEGMENTACIÓN BASADA EN REGIONES

 En Matlab ...



```
I = imread('blobs.jpg');  
I2 = imhmin(I,20);  
L = watershed(I2);  
imshow(label2rgb(L(:,:,1), 'jet', 'w'));
```

SEGMENTACIÓN BASADA EN REGIONES

- ➊ La División por superpixeles (Algoritmo SLIC):



¿Como divido las regiones después?

Segmentación de Imágenes

SEGMENTACIÓN BASADA EN REGIONES

- La Segmentación por Contornos Activos (Snakes):
- Representa los objetos como una curva paramétrica
- Se usa una función de energía asociada a la curva
- El problema de encontrar un contorno se lleva a un problema de minimización de energía:

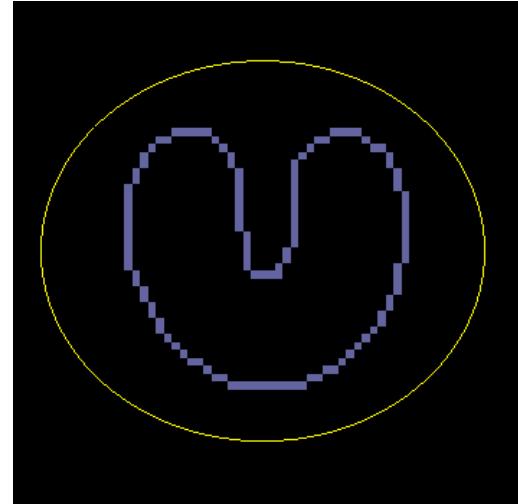
$$E_{snake} = \int_0^1 E_{int}(v(s)) + E_{image}(v(s)) + E_{con}(v(s)) ds$$



Segmentación de Imágenes

SEGMENTACIÓN BASADA EN REGIONES

- La Segmentación por Contornos Activos (Snakes):
- El algoritmo requiere una curva inicial que aproxime, de manera burda, el objeto que se desea segmentar.
- Las “serpientes” empiezan a deformar la curva inicial moviéndose hacia los bordes de los objetos.
- Al final se encuentra la aproximación de un borde que envuelve el objeto



SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES



SEGMENTACIÓN EN IMÁGENES A COLOR

SEGMENTACIÓN EN IMÁGENES A COLOR

- Un grupo de técnicas de segmentación basadas en el color, consisten básicamente en la aplicación de las mismas técnicas usadas en imágenes de grises sobre cada uno de los canales de color.
- En una segunda etapa, se combinan usando ciertos criterios los resultados de la segmentación obtenidos en cada plano para producir como resultado la imagen segmentada en color.



Segmentación de Imágenes

SEGMENTACIÓN EN IMÁGENES A COLOR

- La **Umbralización Multiespectral** Para identificar puntos que tengan un determinado color y segmentarlos, los 3 niveles de sus 3 componentes deben corresponder al color buscado:

$$g(x, y) = \begin{cases} 1 & R_a \leq f_r(x, y) \leq R_b \\ & V_a \leq f_g(x, y) \leq V_b \\ & A_a \leq f_b(x, y) \leq A_b \\ 0 & \text{en cualquier otro caso} \end{cases}$$

- Se hace una umbralización de cada plano, por tanto luego se debe realizar una operación lógica AND ya que los píxeles que interesan deben haber pasado la umbralización en los tres planos.
- Los píxeles que no interesan pueden eliminarse después con operaciones morfológicas.

SEGMENTACIÓN EN IMÁGENES A COLOR

Grabcut:

-  Es un algoritmo de segmentación supervisada donde se seleccionan dos conjuntos de muestras: fondo y objeto. El algoritmo considerando la imagen como un grafo donde cada pixel está conectado con sus vecinos, y realiza la segmentación cortando algunos de los vértices del grafo.



SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES

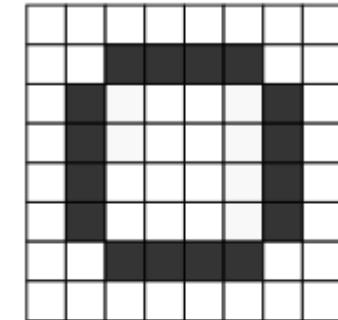
ETIQUETADO DE REGIONES

Segmentación de Imágenes

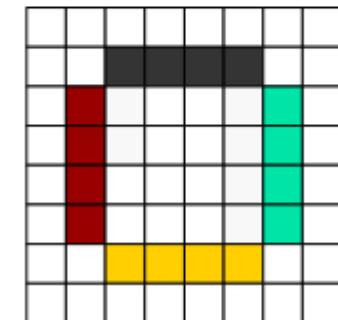
SEGMENTACIÓN – ETIQUETADO DE REGIONES

- Una región es un conjunto de píxeles donde cada pixel puede ser alcanzado desde otro pixel (en la región) por un número finito de pasos, donde cada paso se inicia en un pixel y termina en el pixel de su vecindad.

Así, dos píxeles con la misma etiqueta, c , están conectados si existe un camino de uno al otro a través de píxeles vecinos con la misma etiqueta.



- La noción de objeto está ligada a la vecindad utilizada.
- La imagen contiene un objeto, o 4, según consideremos vecindad a 8 o a 4, respectivamente.



Segmentación de Imágenes

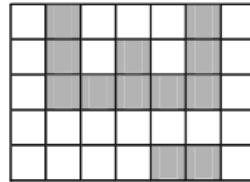
SEGMENTACIÓN – ETIQUETADO DE REGIONES

- Los algoritmos de etiquetado de regiones procesan una fila de la imagen en cada momento y generalmente recorren la imagen de izquierda a derecha y de arriba a abajo:
1. Recorriendo la imagen, para cada valor 1 en la imagen se deben examinar sus vecinos (depende de si es una 4- o 8-vecindad):
 - a. Si todos tienen valor 0, asignar una nueva etiqueta al píxel
 - b. Si solo uno de los vecinos tiene valor 1, asignar la etiqueta de este vecino
 - c. Si todos tienen la misma etiqueta, asignar la etiqueta de estos
 - d. Si hay más de un vecino con valor 1 y tienen etiquetas diferentes, asignar la etiqueta de uno de ellos y anotar que estas etiquetas son iguales
 2. Renombrar las etiquetas teniendo en cuenta aquellas que son iguales.

Segmentación de Imágenes

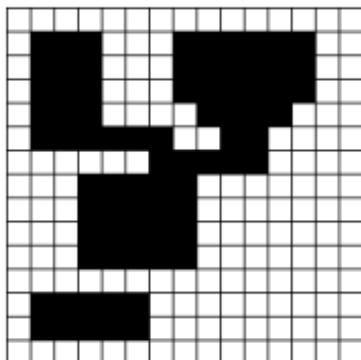


SEGMENTACIÓN – ETIQUETADO DE REGIONES



1			2	
1		3	2	
1	1	1	1	1
		4	4	

1			1	
1		1	1	1
1	1	1	1	1
		4	4	



1	1	1		2	2	2	2	2	2
1	1	1		2	2	2	2	2	2
1	1	1		2	2	2	2	2	2
1	1	1		2	2	2	2	2	2
1	1	1	1	1	1	2	2		
				1	1	1	1	1	
1	1	1	1	1					
1	1	1	1	1					
1	1	1	1	1					
3	3	3	3	3					
3	3	3	3	3					

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	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	1	1	1
1	1	1	1	1					
1	1	1	1	1					
1	1	1	1	1					
2	2	2	2	2					
2	2	2	2	2					

Preguntas



Elaboración de diapositivas

DIEGO PATIÑO CORTÉS, MSc.

CARLOS ANDRÉS MERA BANGUERO, MSc.

ALBEIRO ESPINOSA BEDOYA, PHD.

Nota: Este material se ha adaptado con base en el material de los profesores Domingo Mery (U. de Chile), María Patricia Trujillo (Univalle), Ginés García (U. de Murcia) y Nicolas Fernández (U. de Córdoba)