

Tema 3: Segmentación

3.1. Introducción. Elementos y terminología

3.2. Segmentación de imágenes binarias

3.3. Segmentación de imágenes en escala de gris

3.4. Segmentación de imágenes en color

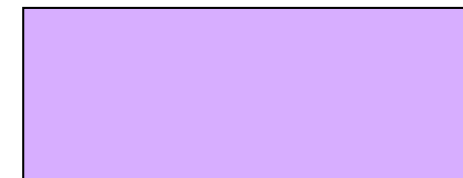
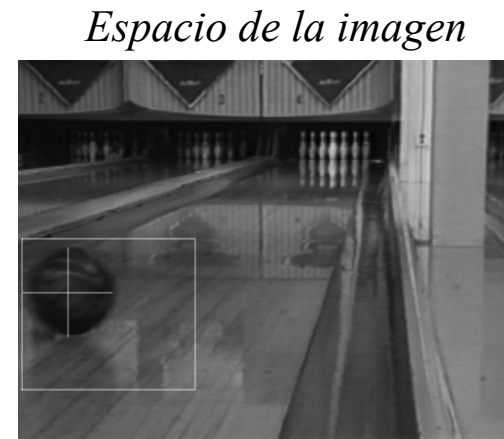
3.5. Técnicas basadas en aprendizaje estadístico. Aplicaciones

3.6. Segmentación basada en modelo. Transformada de Hough

3.6. Transformada de Hough. Introducción

- Técnica de segmentación que busca el **conjunto de puntos que corresponden a una determinada forma geométrica** (recta, círculo, elipse, ...). Se basa en un **modelo paramétrico** de la forma geométrica.

P.e., el seguimiento de una bola en una bolera se haría aplicando la Transformada de Hough (TH) de elementos circulares sobre la imagen



Espacio de Hough

- Para realizar la segmentación, se lleva a cabo una transformación de dominio (de espacio de representación) para encontrar formas que sigan determinados modelos paramétricos en una imagen (binaria o de grises).
- El nuevo espacio transformado se denomina *espacio de Hough*.

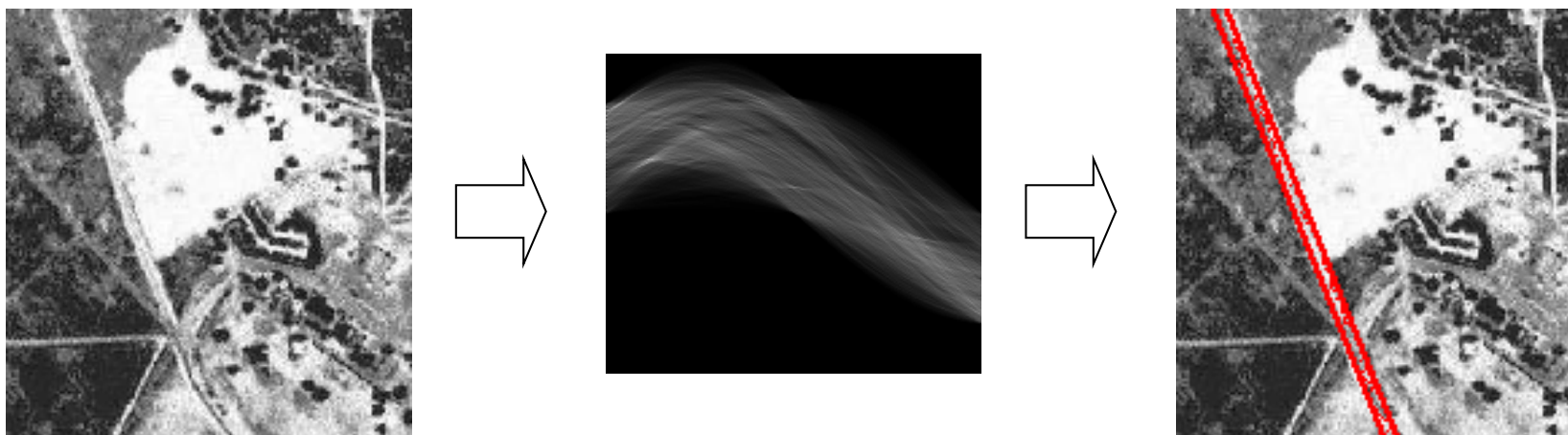


Tiene tantas dimensiones como parámetros tenga el modelo

3.6. Transformada de Hough. Introducción

- Para ajustar distintas formas (modelos geométricos) se usan distintos espacios de Hough
Si el modelo paramétrico es una recta \Rightarrow espacio de Hough es de dos parámetros (espacio 2D)

Ejemplo: localizar las carreteras rectas en una imagen aérea.



El problema de detección de **patrones** en el espacio imagen se transforma en un problema de detección de **máximos** en el espacio de Hough.

Principal ventaja de la TH: robustez al ruido y a la presencia de huecos en las formas geométricas.

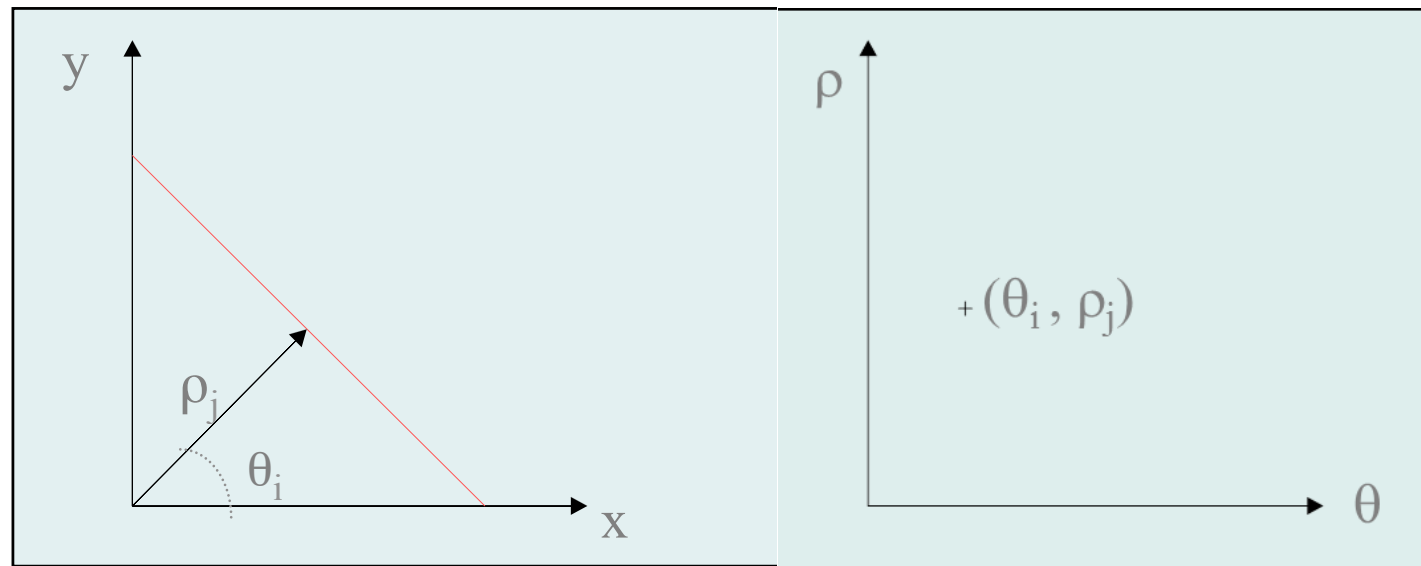
Si el modelo paramétrico es un círculo \Rightarrow el espacio de Hough es de tres parámetros (espacio de 3D)

La complejidad de la TH depende del tamaño del espacio de parámetros.

3.6. Transformada de Hough para segmentos rectos

- Técnica para detectar segmentos rectos (**alineaciones de puntos**)
- Usa la descripción paramétrica de la recta: representación en coordenadas polares

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



Todos los puntos (x,y) que pertenezcan a la recta de la figura de la izquierda deben cumplir la siguiente igualdad:

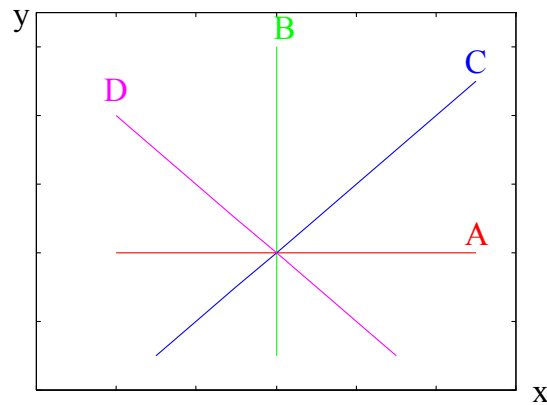
$$\rho_j = x \cos(\theta_i) + y \sin(\theta_i)$$

La Transformada de Hough (TH) para segmentos rectos es una transformación de línea a punto.

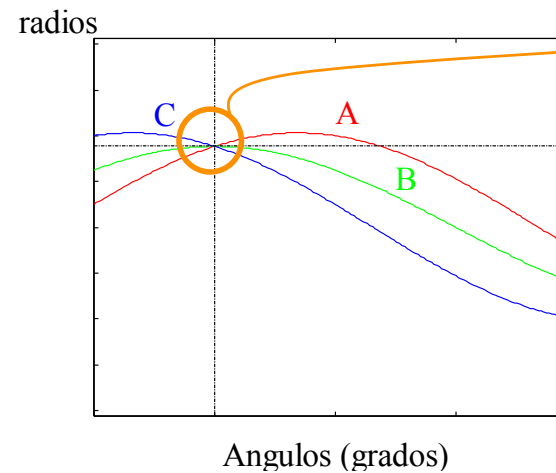
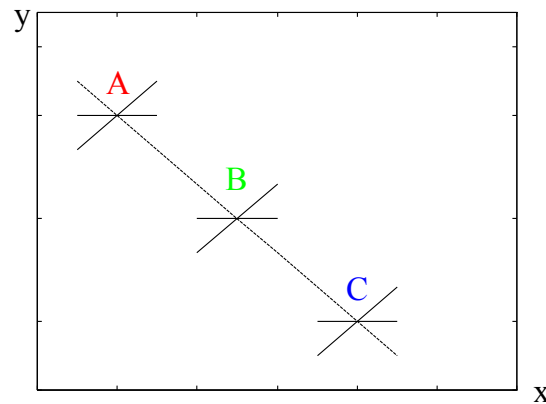
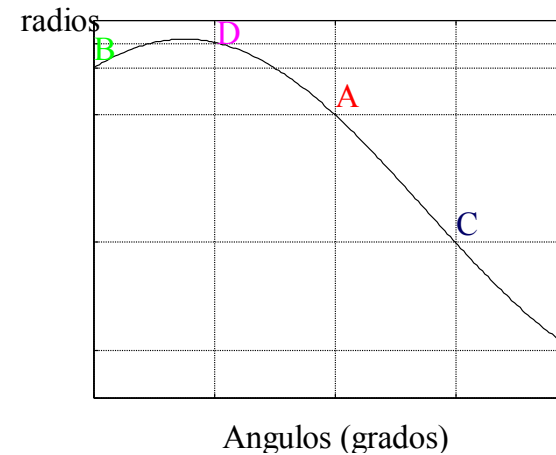
3.6. Transformada de Hough para segmentos rectos



Espacio Imagen



Espacio Hough



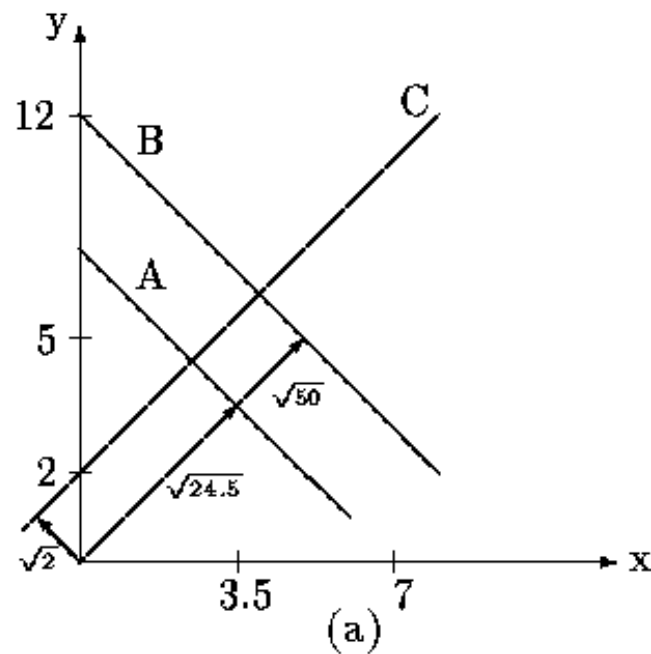
Este punto
determina los
parámetros de la
recta que pasa por
A, B y C

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

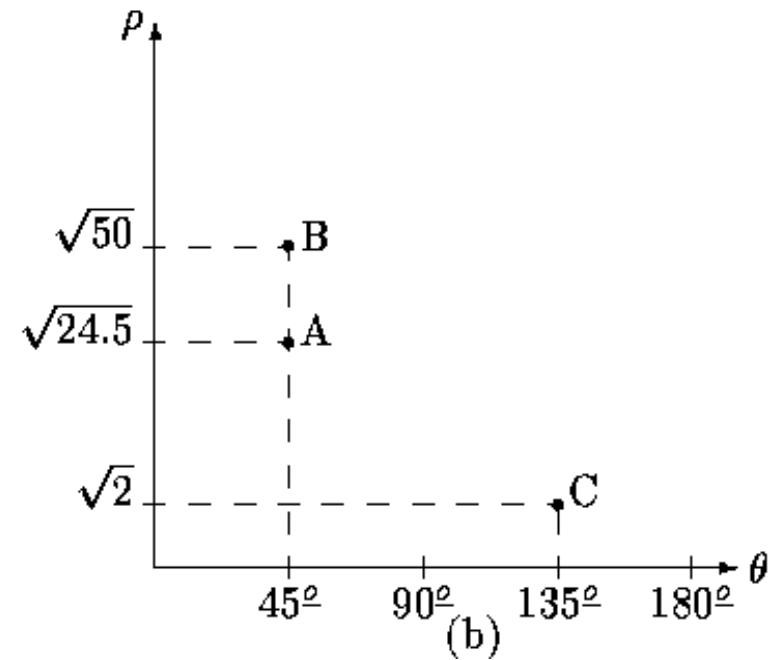
3.6. Transformada de Hough para segmentos rectos



Identificación de segmentos paralelos y perpendiculares



Líneas paralelas y perpendiculares

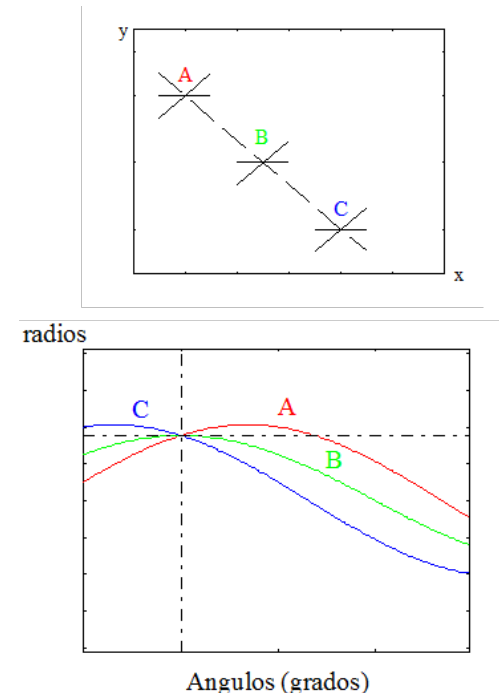


Transformada de Hough de (a)

3.6. Transformada de Hough para segmentos rectos

Recapitulando ...

- Una alineación de puntos en el espacio imagen (x,y) se identifica por un punto (θ, ρ) en el dominio de Hough.
- En el espacio de Hough, todas las curvas correspondientes a puntos colineales en el espacio imagen intersectan en el mismo punto (θ, ρ) , donde θ y ρ especifican los parámetros de la línea (ángulo y radio, respectivamente).



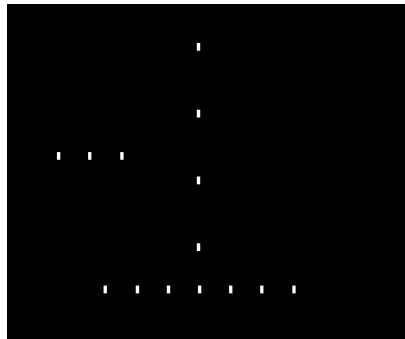
Implementación:

- En el caso discreto, el dominio de Hough para segmentos rectos es un array bidimensional que representa valores discretos de θ y ρ .
- Antes de aplicar la Transformada de Hough (TH) es necesario decidir, como parámetro de diseño, qué resolución $(\Delta\theta, \Delta\rho)$ se considera en el dominio de Hough.

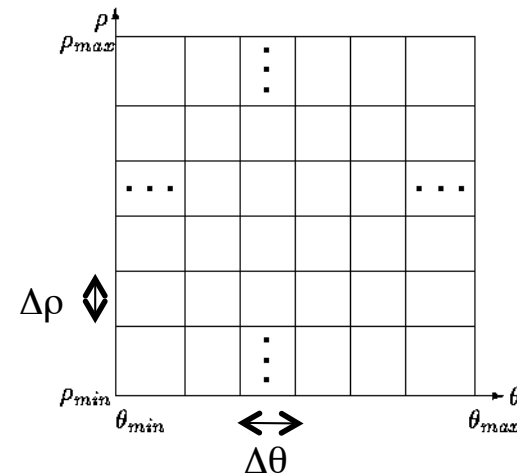
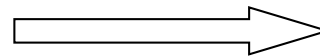
3.6. Transformada de Hough para segmentos rectos

Matriz acumuladora

- Discretización del espacio de parámetros (dominio de Hough) en celdillas acumuladoras



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

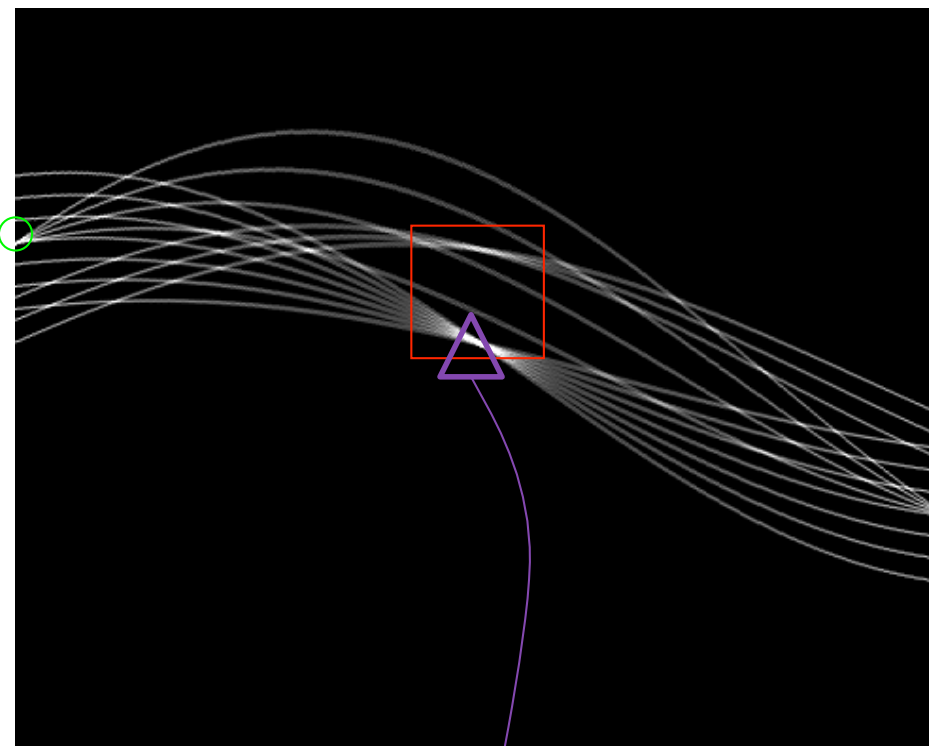
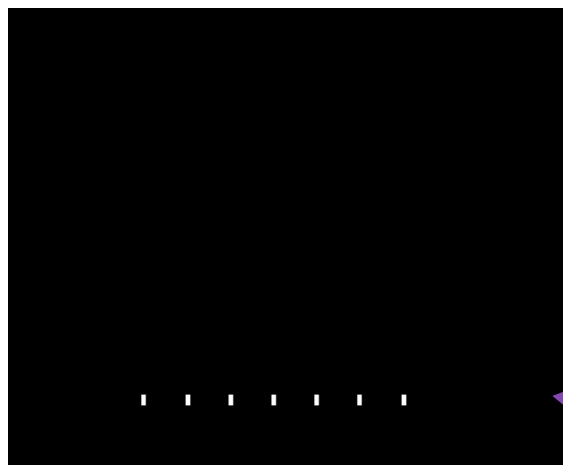


- Inicialización de la matriz acumuladora a ceros
- Para cada píxel de la imagen de coordenadas (x,y) distinto de cero
 - o Se determina el valor de ρ asociado a cada valor de $\theta \in [\theta_{min}, \theta_{max}]$
 - o Se accede a la celda (θ, ρ) y se incrementa su valor en una unidad (si la im. es binaria)
 - o en un valor proporcional al nivel de gris (im. de grises)

Si la imagen a procesar es binaria: el valor de cada celda de la matriz acumuladora indica el número de píxeles colineales según una recta con esos parámetros (θ, ρ).

3.6. Transformada de Hough para segmentos rectos

Ejemplo: Imagen binaria



Determinando los valores de los parámetros (θ_0, ρ_0) cuya alineación de puntos se desea *mantener* en el espacio original ...

$$\rho_0 = x \cos(\theta_0) + y \sin(\theta_0)$$

Transformada inversa

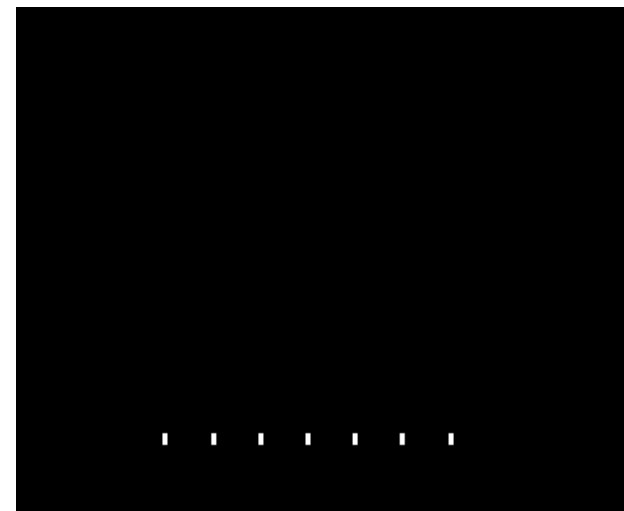
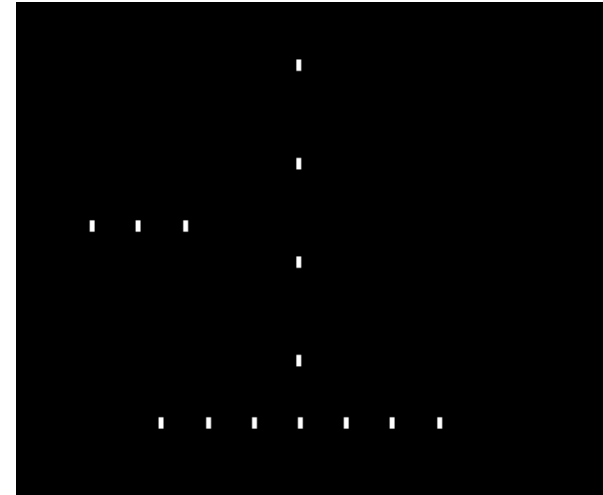
3.6. Transformada de Hough para segmentos rectos

Ejemplo 1(cont): Imagen binaria

Recuperación del segmento de recta de interés
(“*filtrado inverso*”)

- Determinar los parámetros (θ_0, ρ_0) de interés [en general, máximo en el espacio de Hough]
- Para cada píxel de la imagen original, y para el valor de θ_0 a filtrar, se calcula el ρ correspondiente. El nivel del píxel se mantiene si éste coincide con el valor de ρ_0 . En caso contrario, pasa a ser “fondo”.

$$\rho_0 = x \cos(\theta_0) + y \sin(\theta_0)$$

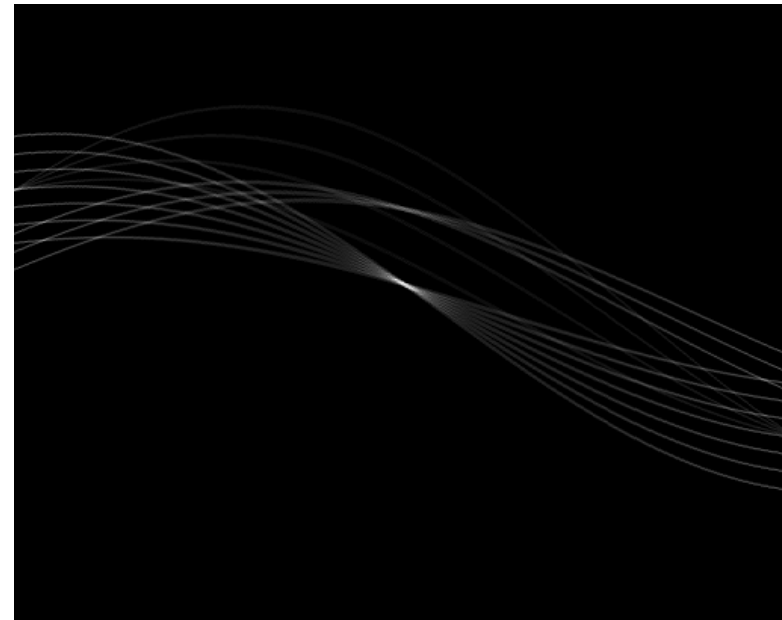
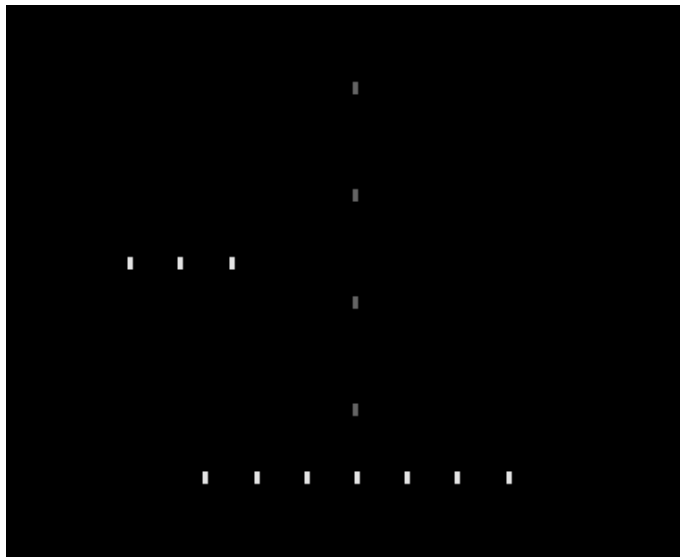


3.6. Transformada de Hough para segmentos rectos



Transformada de Hough para detectar segmentos rectos en imágenes de grises

Cada píxel distinto de 0 contribuye en la matriz acumuladora con un valor proporcional a su nivel de gris.



El nivel del máximo no indica directamente el número de puntos colineales

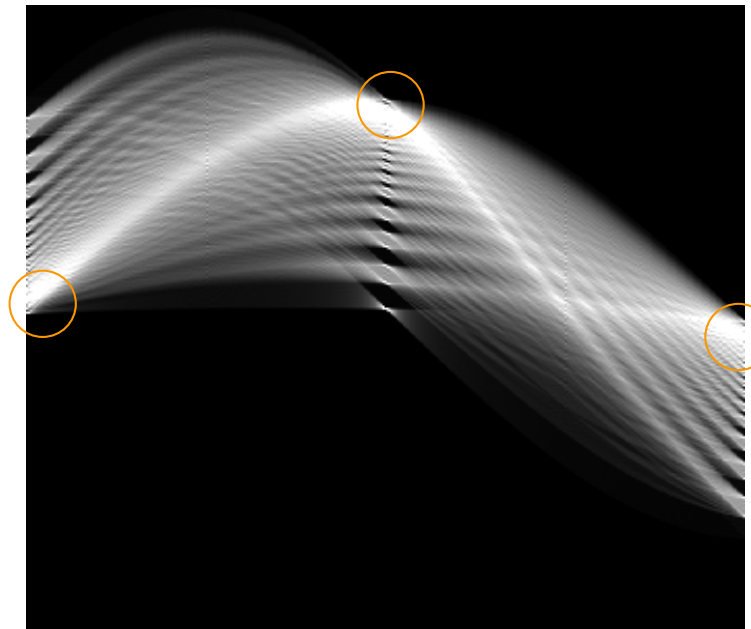
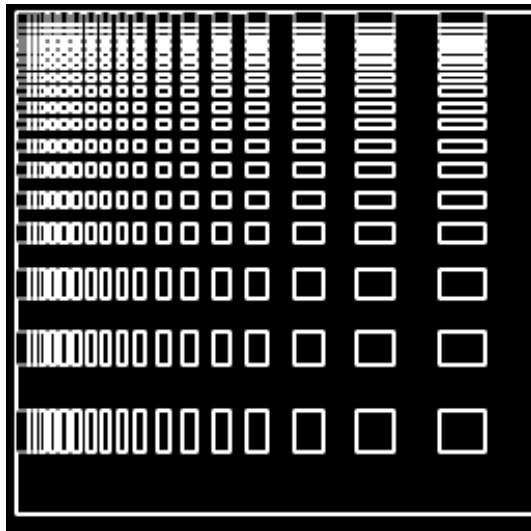
3.6. Transformada de Hough para segmentos rectos



Transformada de Hough para detectar segmentos rectos en imágenes de grises

Problema de saturación en la representación de la matriz acumuladora como una imagen de 8 bits/píxel si el nivel a almacenar en las celdillas acumuladoras es superior a 255 (máximo valor con 8 bits/píxel).

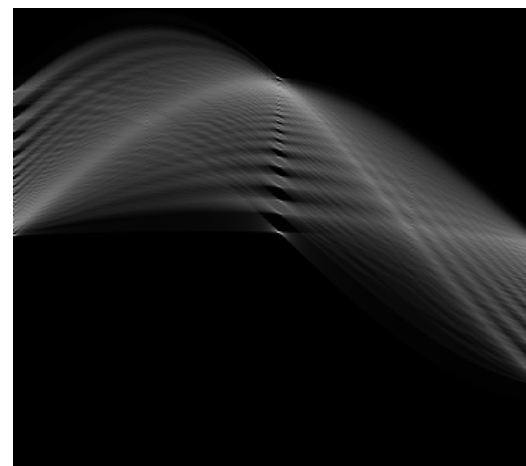
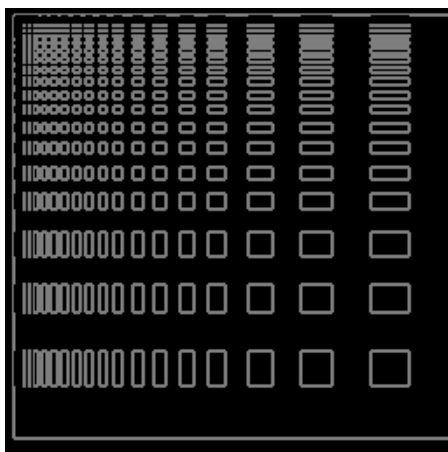
Enmascaramiento de los parámetros de la recta.



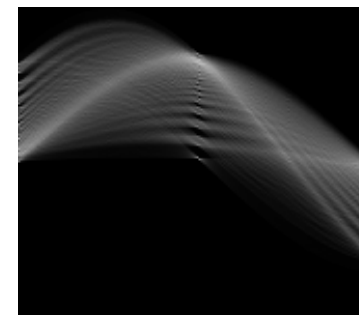
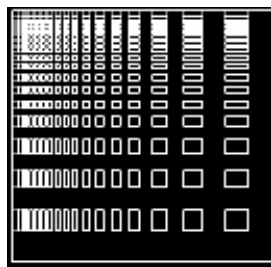
3.6. Transformada de Hough para segmentos rectos

¿Soluciones?

(a) *Reducir el brillo:* de este modo, se necesitan más puntos para saturar



(b) *Reducir el tamaño manteniendo la relación entre ángulos y radios (p.e., mediante un diezmado)*



3.6. Transformada de Hough para segmentos rectos

Ejemplo: detección de una carretera en una imagen aérea

Dada una imagen, encontrar un sub-conjunto de píxeles colineales con una determinada característica (orientación, número de píxeles, ...).



Imagen original



Aumento del contraste



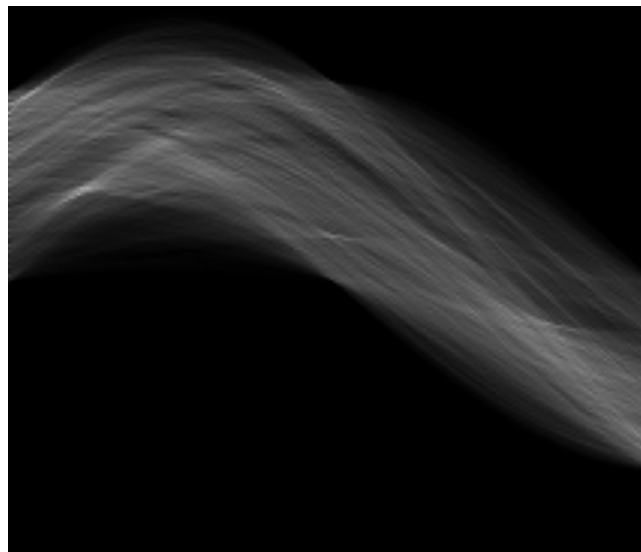
Filtrado paso alto

Se realiza un pre-procesado para definir mejor las regiones que se desea segmentar con la técnica de la TH

3.6. Transformada de Hough para segmentos rectos



Producto punto a punto
(FPA, Contrastada)



Transformada de Hough



Filtrado detectando en
la TH el punto más
alto (máximo)



Imagen original con la
carretera localizada

3.6. Transformada de Hough

Otras transformaciones de Hough

Encontrar el círculo central de una imagen de un campo de fútbol para, posteriormente, insertar en su lugar una imagen publicitaria.

