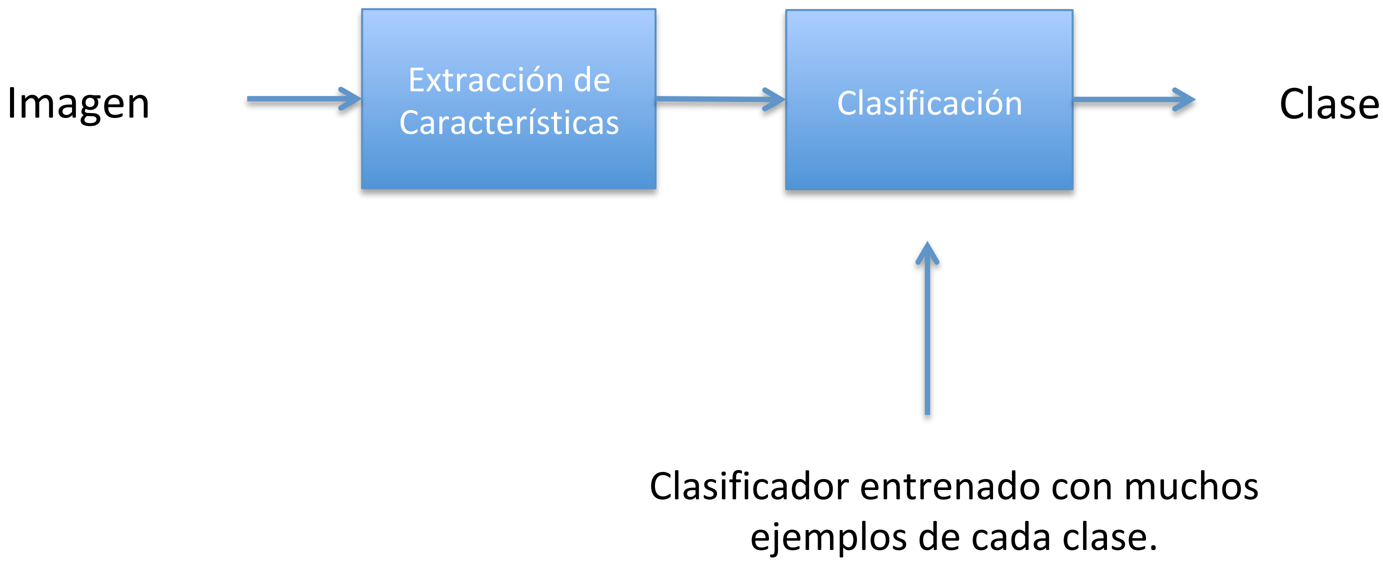
Detección y Reconocimiento de Objetos mediante Descriptores Locales

Procesamiento Avanzado de Imágenes

Javier Ruiz del Solar

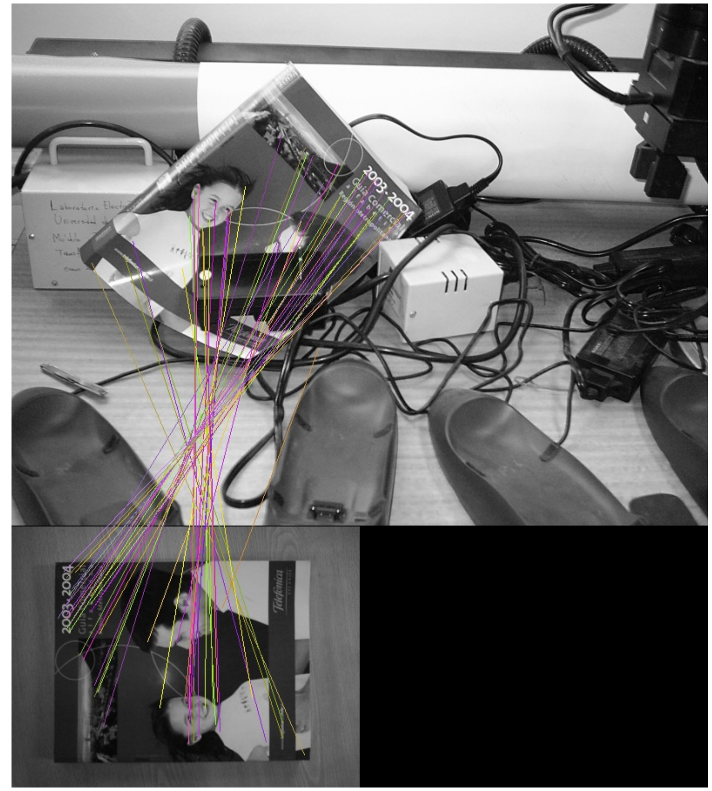
2020

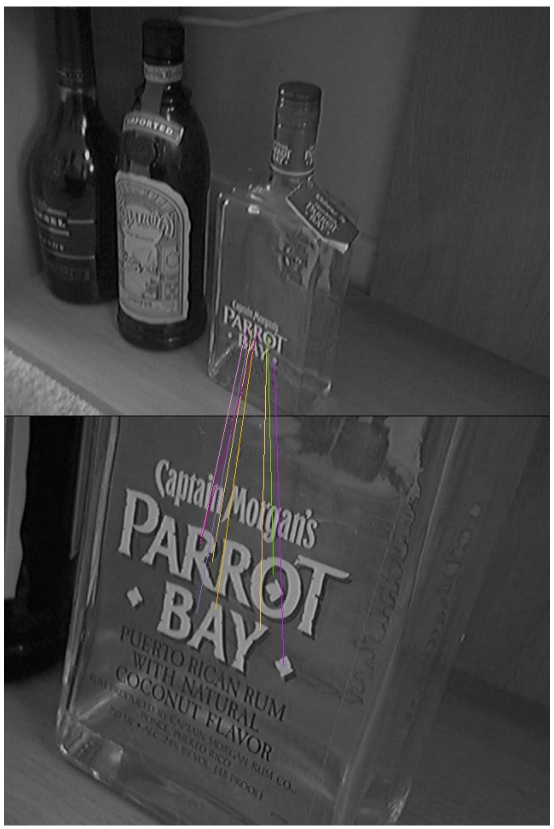
Paradigma Detección/Reconocimiento de Clases de Objetos

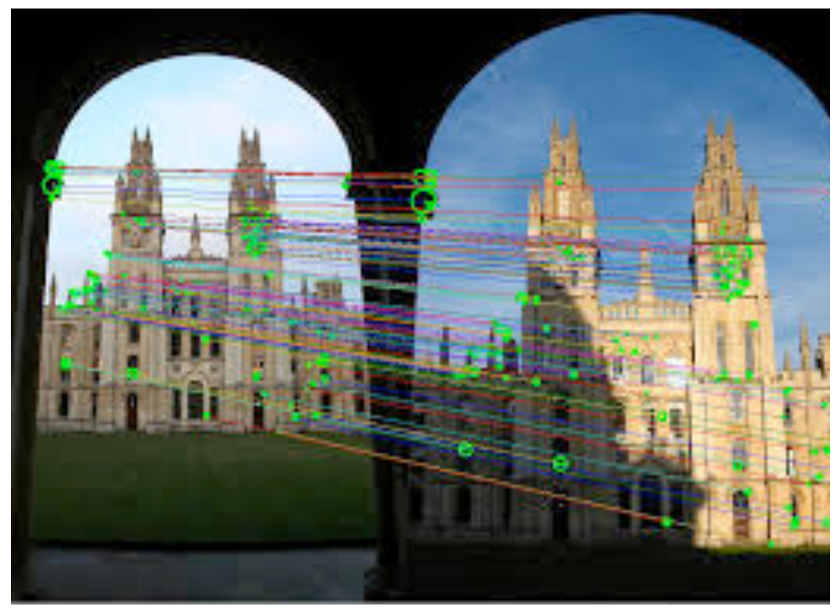


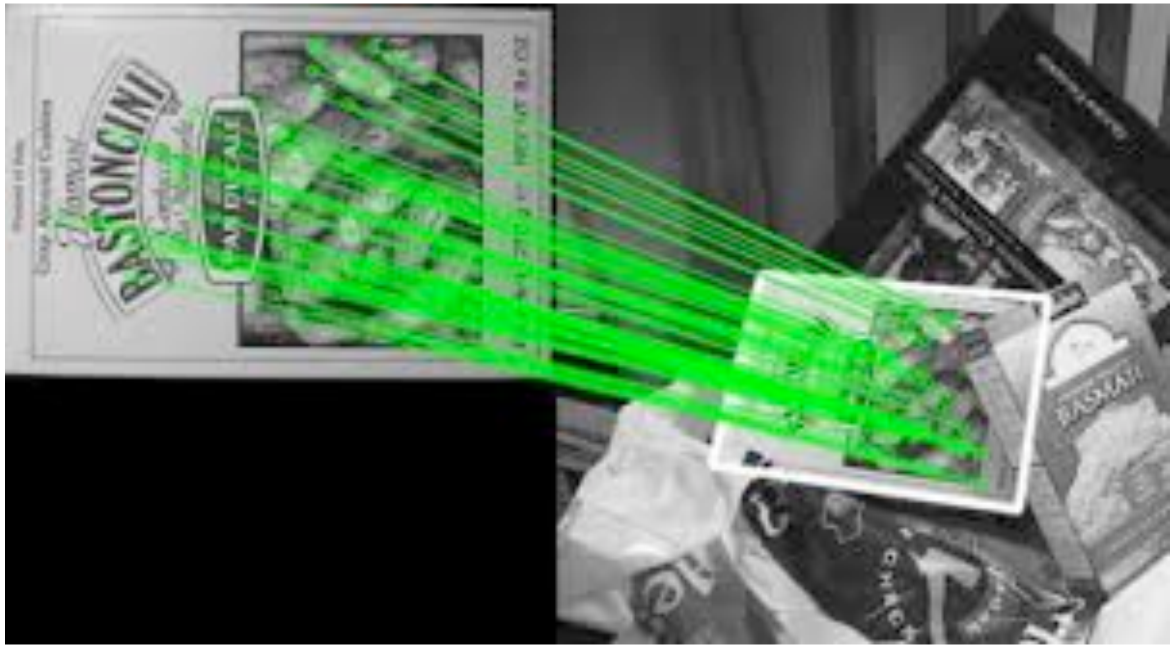
Este paradigma no funciona para instancias de objetos particular.
Dicho problema se puede abordar como uno de matching.
Para esto se usan detectores y descriptores locales.


BASTONCINI

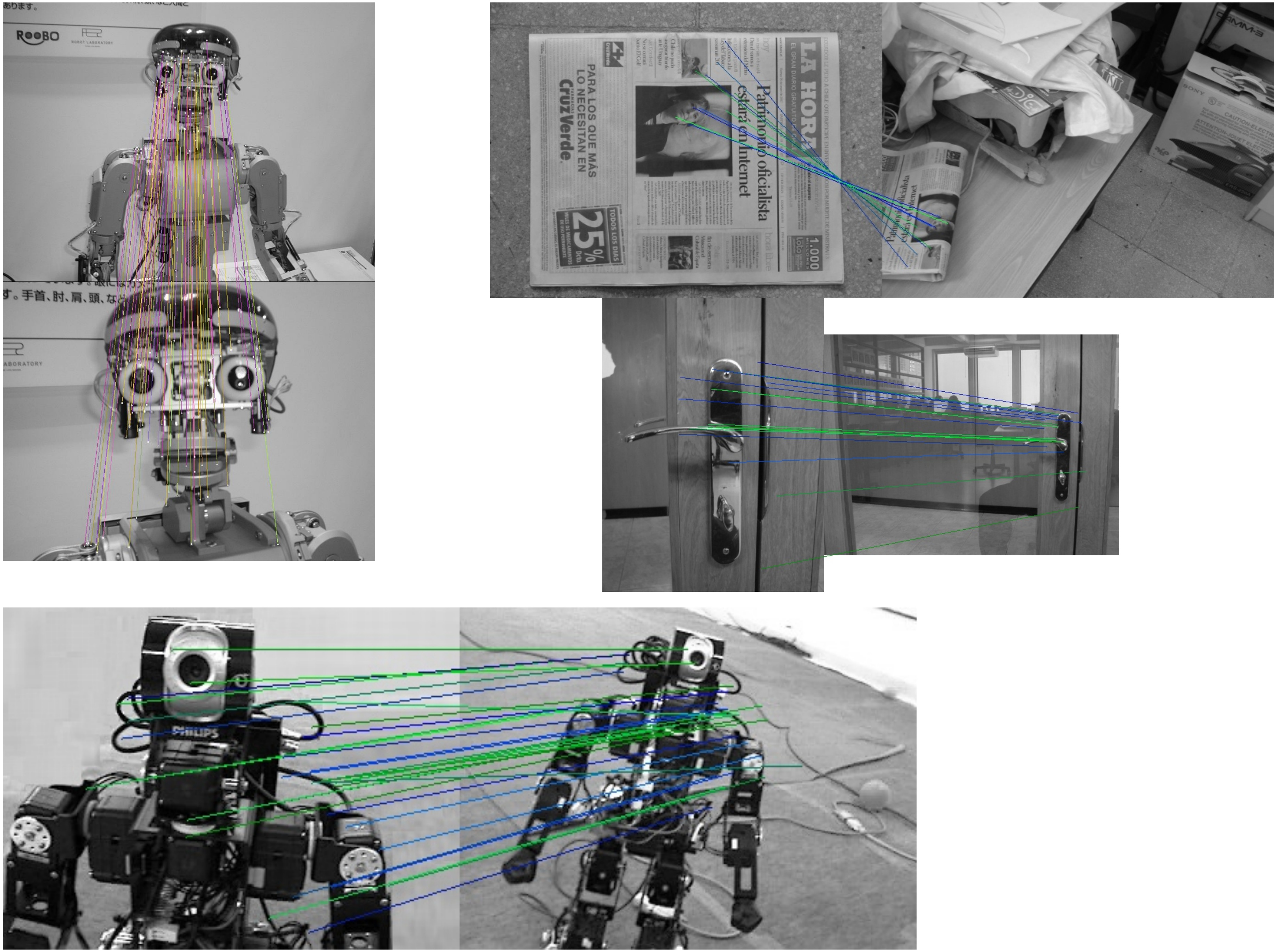

2003-2004


Captain Morgan's
PARROT
BAY
PUERTO RICAN RUM
WITH NATURAL
COCONUT FLAVOR



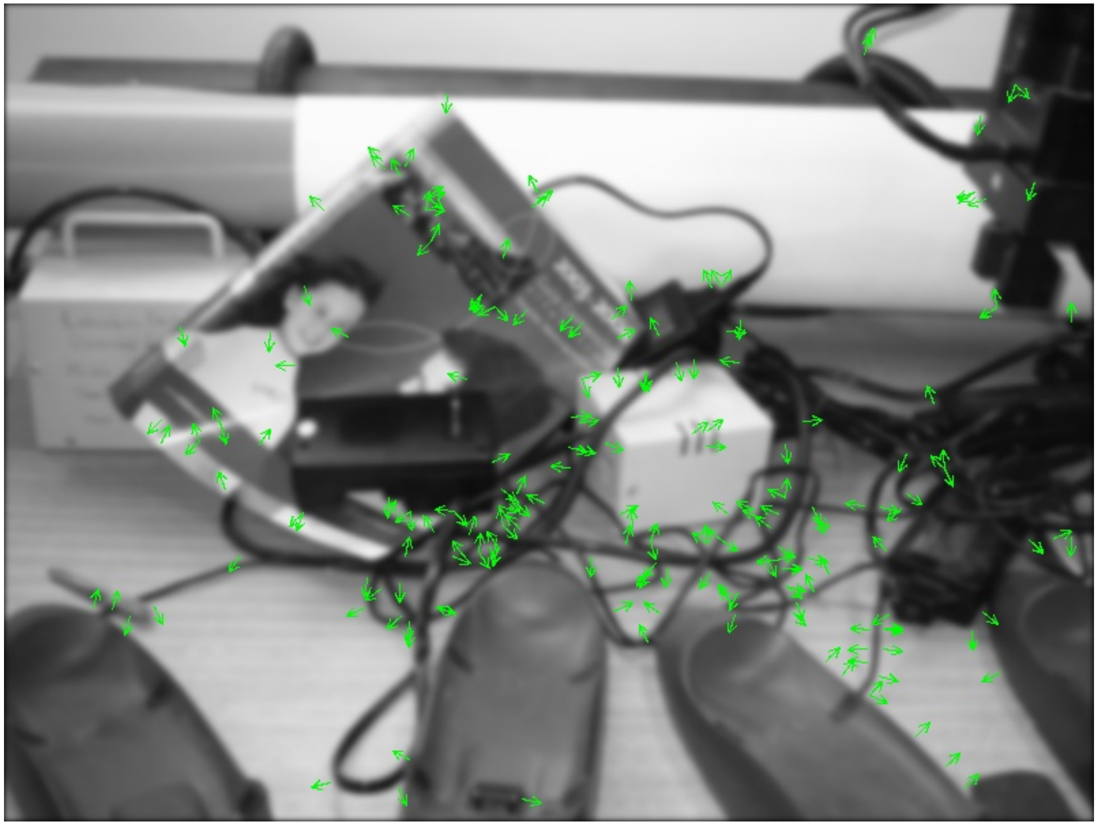

BASTONCINI


Trees



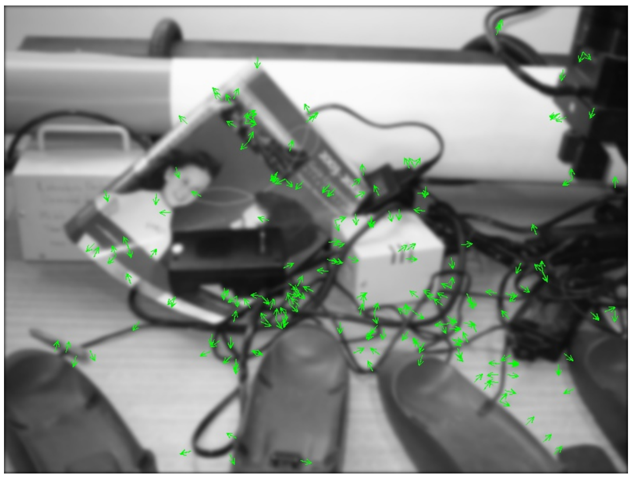
ROOBO
ROBOT LABORATORY
す。手首、肘、肩、頭、な
LA HORA
Patrimonio oficialista estará en Internet
PARA LOS QUE MÁS LO NECESITAN EN
CruzVerde
TODOS LOS DIAS
25%
1.000
PHILIPS

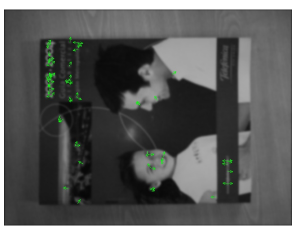
Puntos de Interés y Descriptores

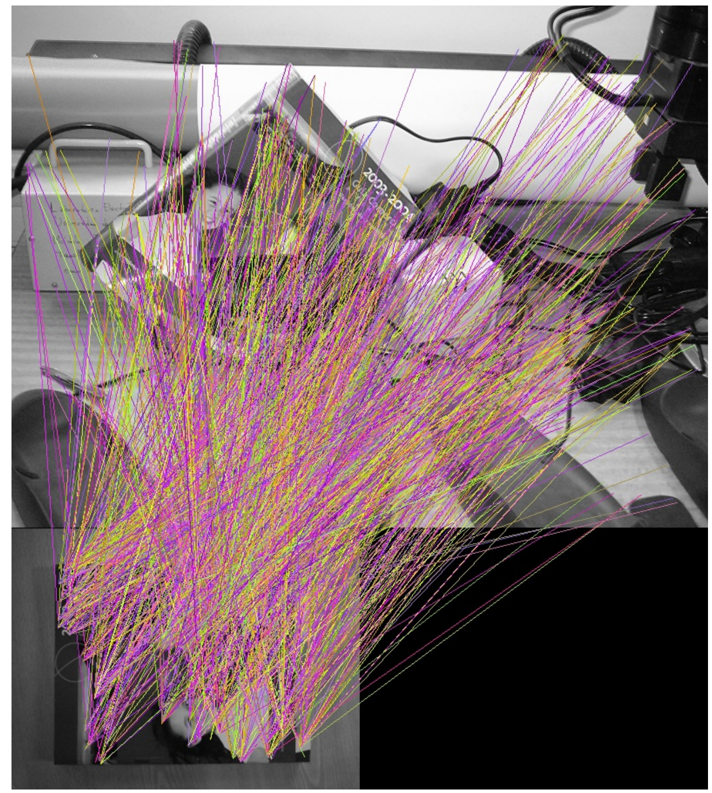


Punto de interés -> discontinuidad; caracterizado por (x,y,θ) y eventualmente s (escala)
Descriptor -> describe vecindad del punto de interés

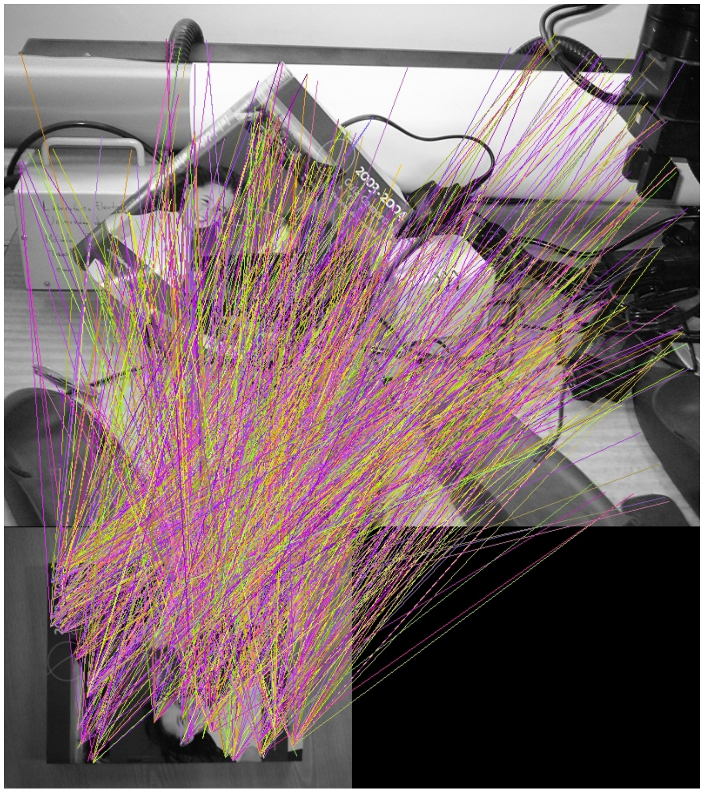
Matching de Puntos de Interés (via descriptores)

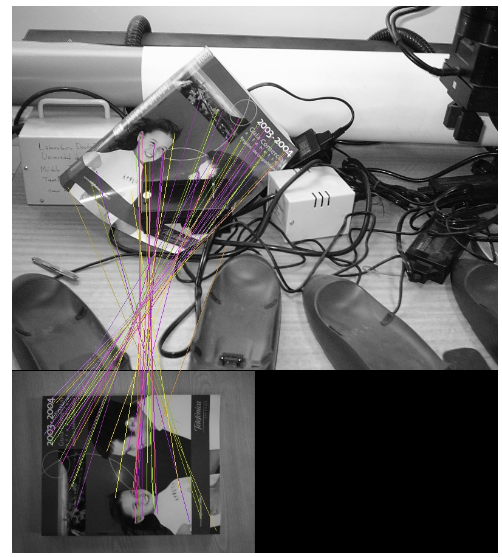






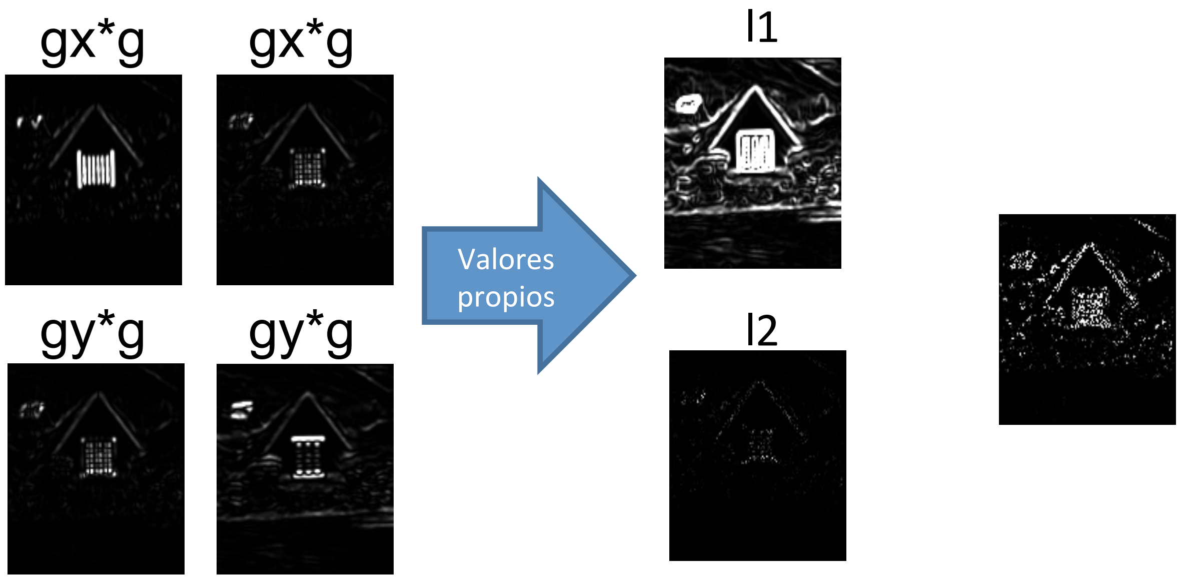
Verificación de Matching (consistencia)



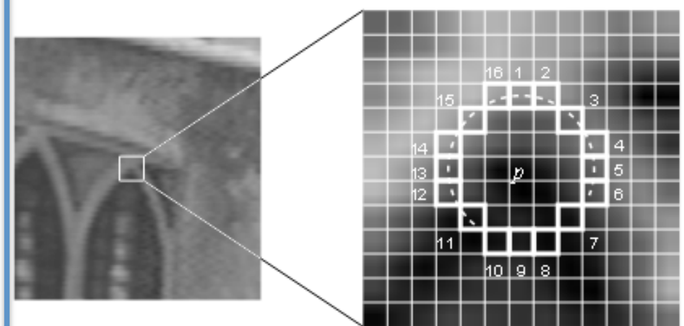


Ejemplos de Puntos de Interés

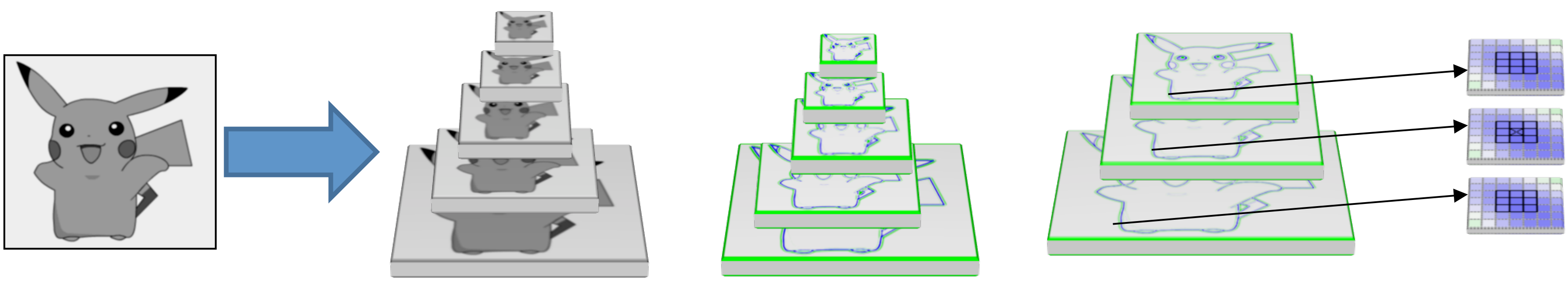
HARRIS



FAST



DoG/SDoG



Ejemplos de Descriptores

SIFT

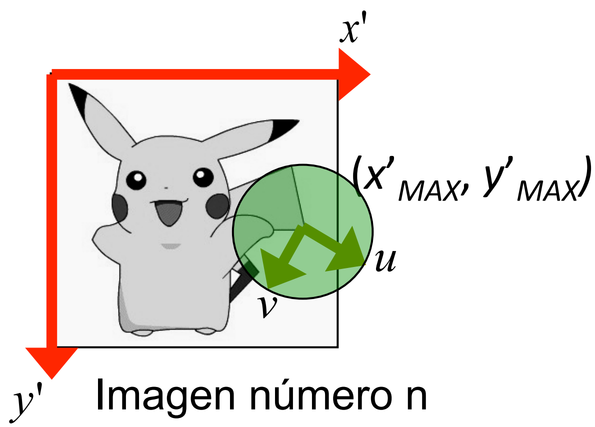
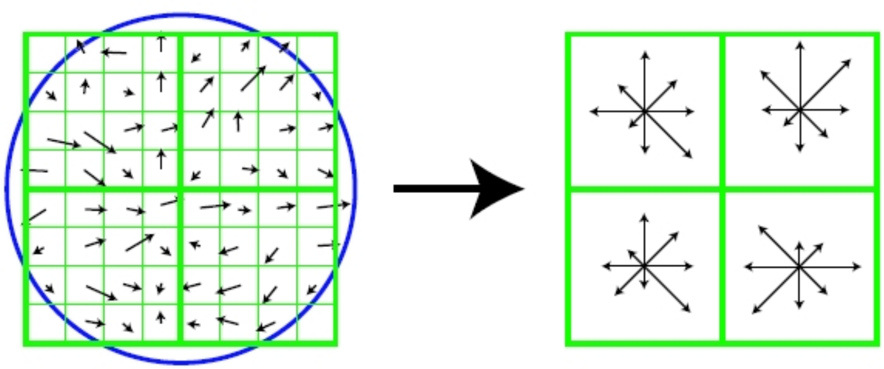
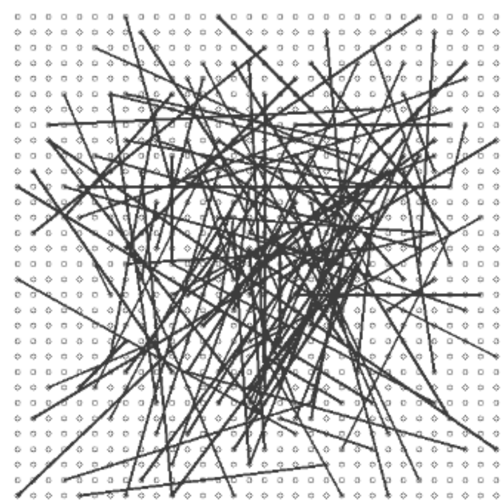


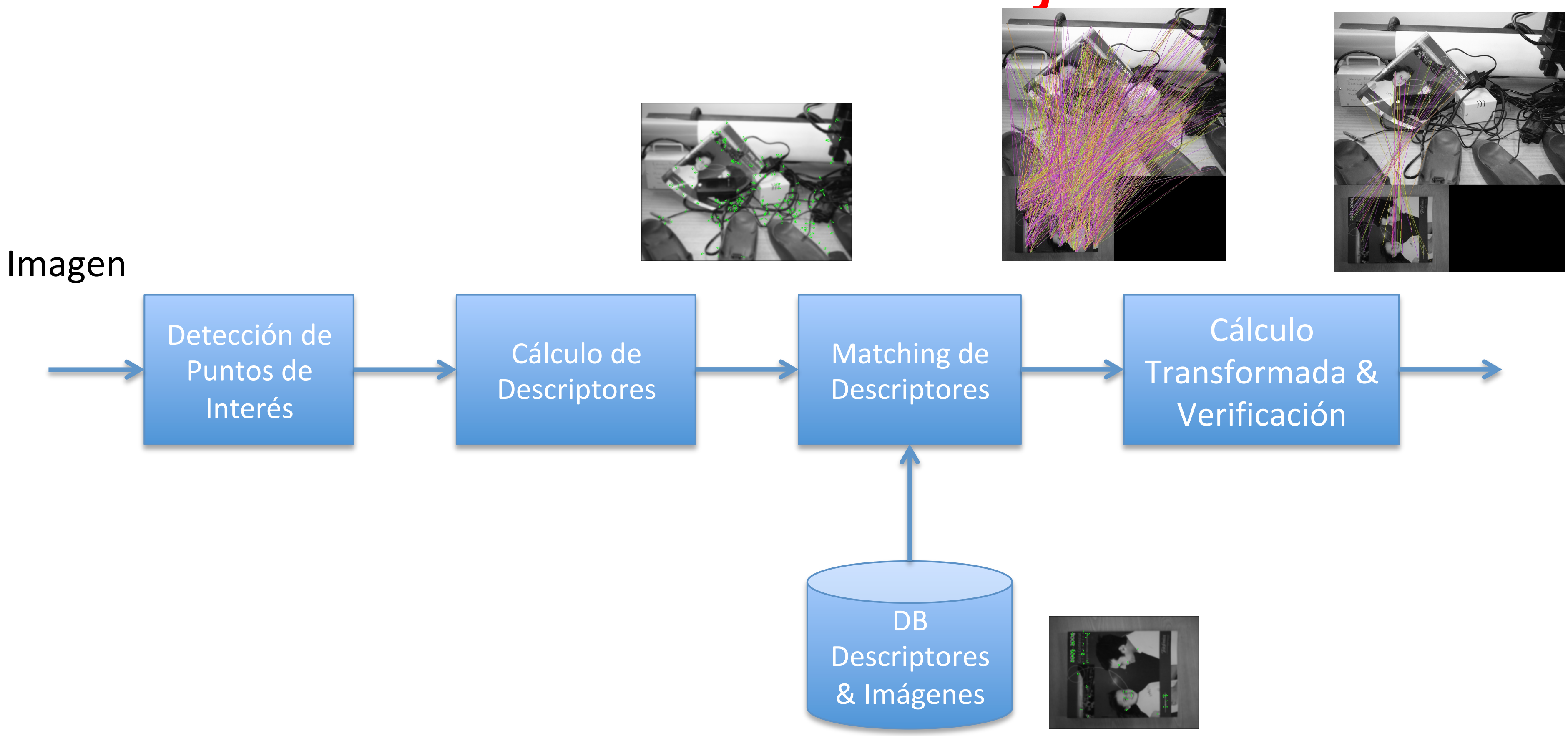
Imagen número n
(Otro tamaño)



BRIEF



Paradigma Detección/Reconocimiento de Instancias de Objetos



Detección de Puntos de Interés

Procesamiento Avanzado de Imágenes

Javier Ruiz del Solar

2020

Detección de puntos de interés

- Se utilizan puntos de interés porque las líneas no tienen suficiente localización.
- Puntos de interés son, usualmente, máximos o mínimos locales de operadores diferenciales (filtros) aplicados sobre la imagen
- Varios tipos :
  - Esquinas
  - De máximos centro-contorno
  - Otros
- Sirve para imágenes con textura (no aparecen descriptores en zonas uniformes)

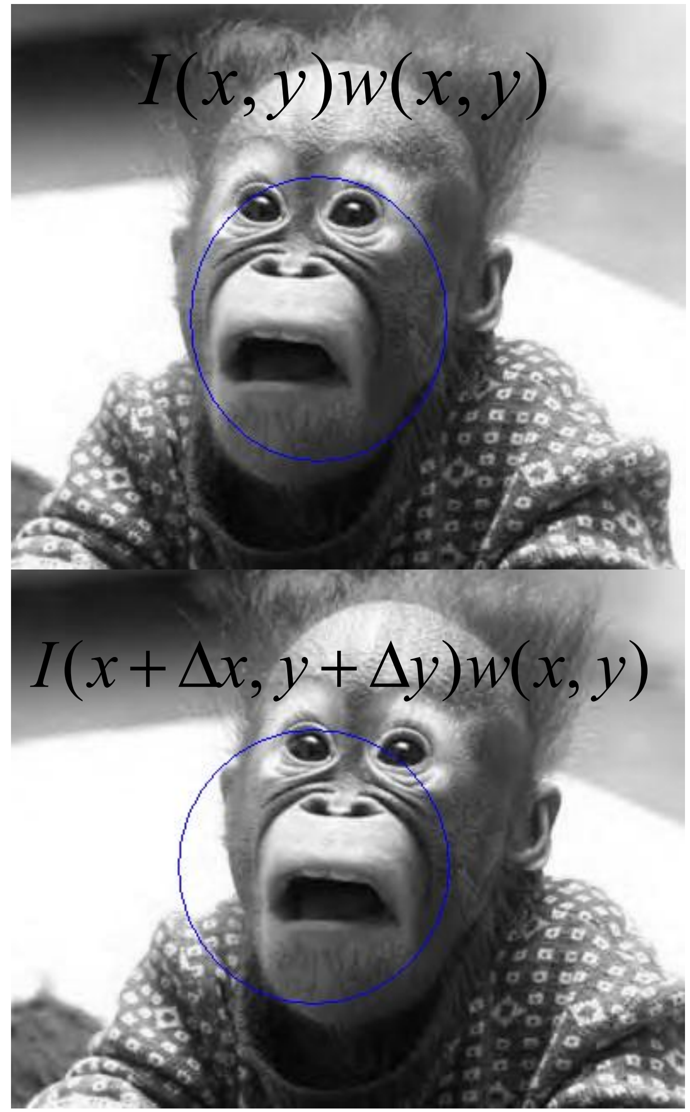
Detección de puntos de interés

- Veremos distintos detectores de puntos de interés
  - Detector de Moravec (esquinas)
  - Detector de Shi-Tomasi (esquinas)
  - Detector de Harris (esquinas)
  - SDoG (centro-contorno, multi-resolución)
  - Harris-Laplace (esquinas, multi-resolución)
  - SURF (multi-resolución)

Detector de Puntos de Interés de Moravec

Detección de puntos de interés

- Detector de esquinas de Moravec (antiguo)
  - Se tiene una imagen $I(x,y)$ y una función ventana $w(x,y)$.
  - A través de la ventana podemos mirar la imagen ($I(x,y)w(x,y)$) y una versión desplazada en (Δx, Δy) de la imagen ($I(x+\Delta x,y+\Delta y)w(x,y)$)



Detección de puntos de interés

- Se calcula la resta entre lo que se ve a través de la ventana y la energía:

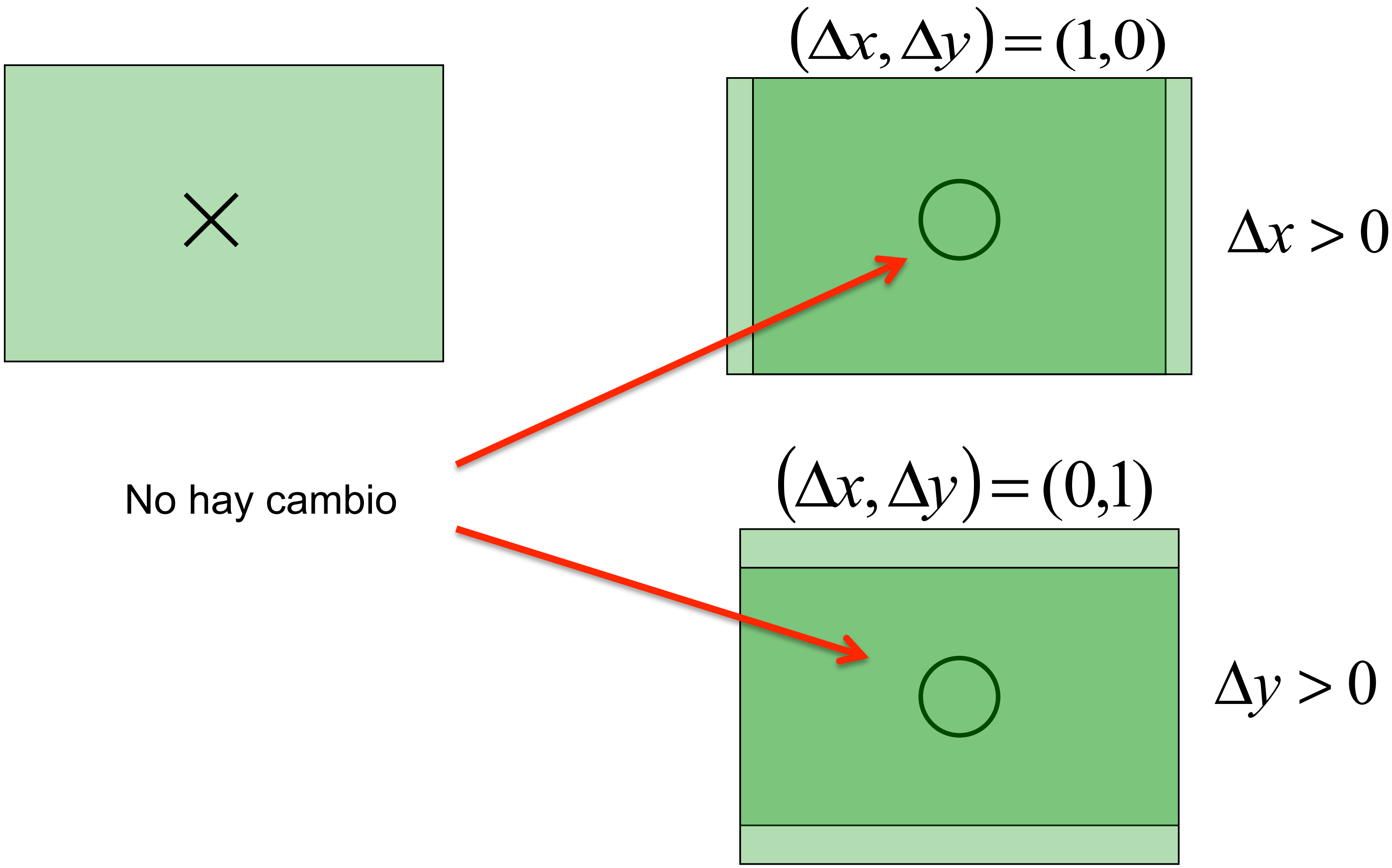
$$d(x,y;\Delta x,\Delta y)=w(x,y)\big(I(x+\Delta x,y+\Delta y)-I(x,y)\big)$$

$$E(x,y;\Delta x,\Delta y)=\sum_{x,y} w(x,y)\big(I(x+\Delta x,y+\Delta y)-I(x,y)\big)^2$$

- Se puede calcular $E(x,y;\Delta x,\Delta y)$ para distintos valores de $\Delta x,\Delta y$
- Veamos qué sucede cuando el centro de la ventana es una zona plana, un borde y una esquina

Detección de puntos de interés

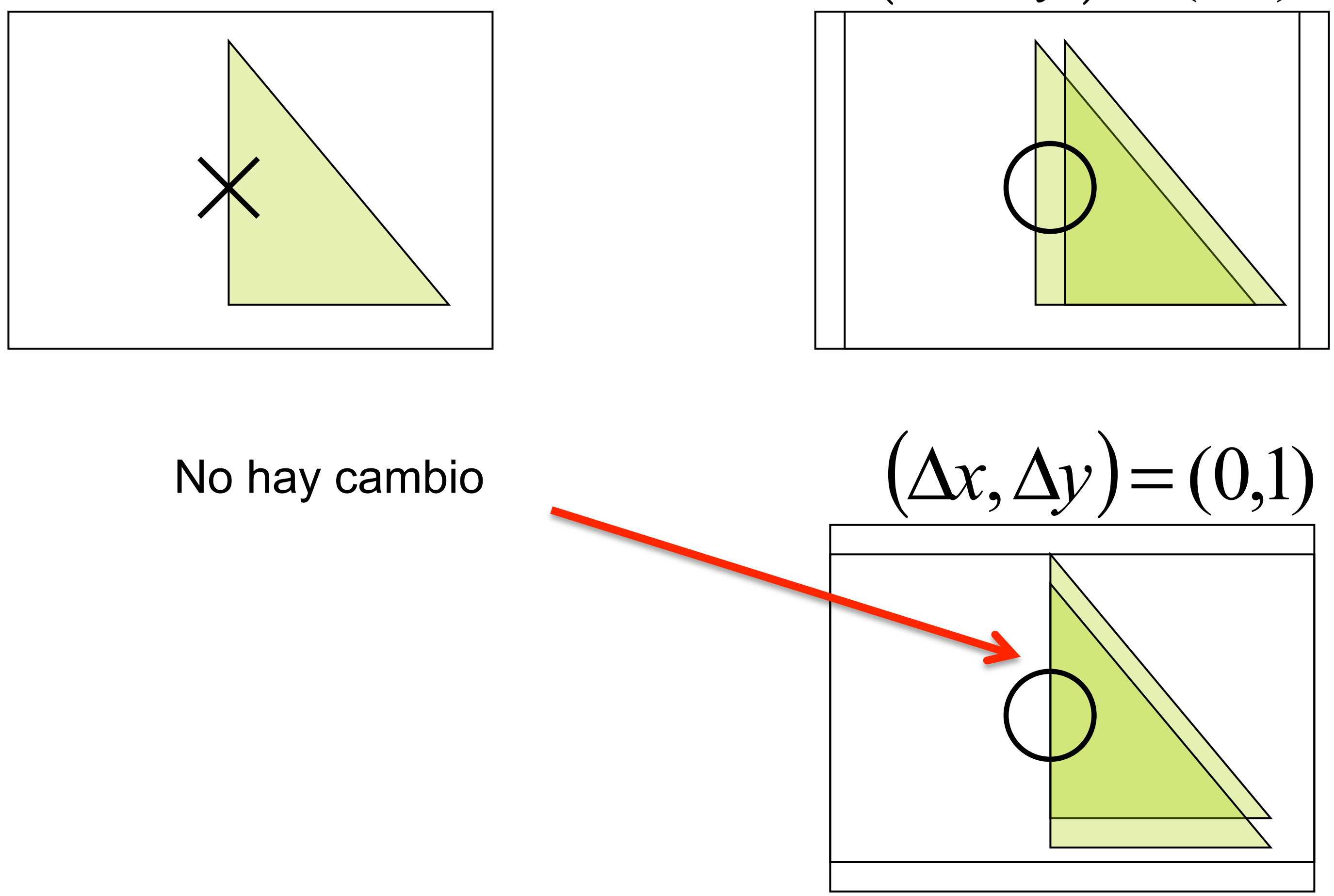
Ventana sobre zona constante



Detección de puntos de interés

Ventana sobre un borde

$$(\Delta x, \Delta y) = (1,0)$$



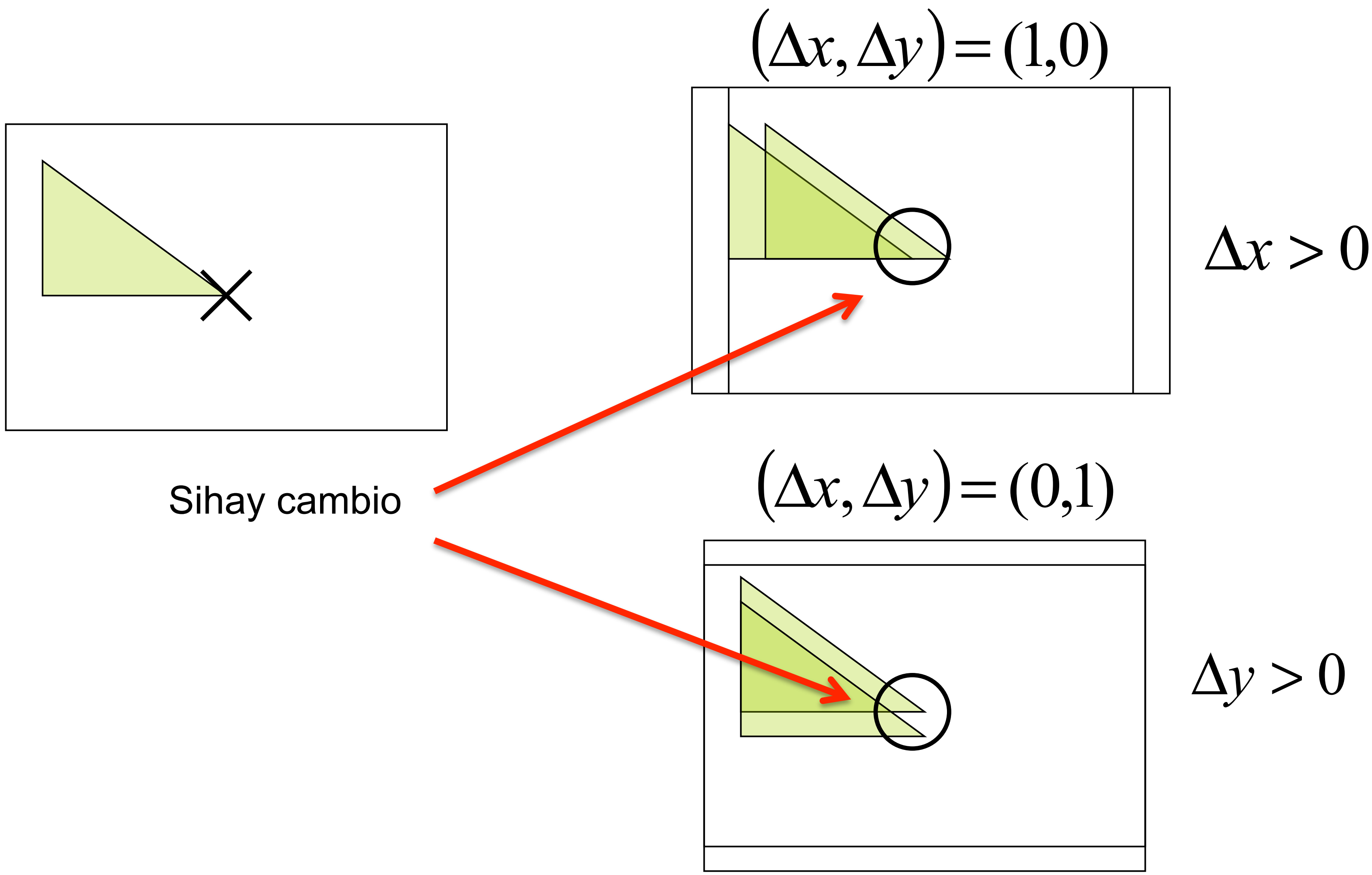
$$\Delta x > 0$$

$$(\Delta x, \Delta y) = (0,1)$$

$$\Delta y > 0$$

Detección de puntos de interés

Ventana sobre una esquina



Detección de puntos de interés

- Energía de la resta a través de la ventana
  - Plano (constante)
    - E=0 para todos los $\Delta x, \Delta y$
  - Borde
    - E=0 para los $\Delta x, \Delta y$ paralelos al borde
    - E>0 para los $\Delta x, \Delta y$ perpendiculares al borde
  - Esquina
    - E>0 para todos los $\Delta x, \Delta y$ => Sólo las esquinas
  - Se pueden usar las 4 direcciones (1,0), (1,1), (0,1), (-1,1)

Detección de puntos de interés

$$E(x_0, y_0, \Delta x, \Delta y) = \sum_{x,y} w(x - x_0, y - y_0)\big(I(x + \Delta x, y + \Delta y) - I(x, y)\big)^2$$

$$I_1(x, y) = E(x, y, 1, 0),\ I_2(x, y) = E(x, y, 1, 1)$$

$$I_3(x, y) = E(x, y, 0, 1),\ I_4(x, y) = E(x, y, -1, 1)$$

- Se calcula $\mathrm{I}_{\mathrm{MIN}}$:

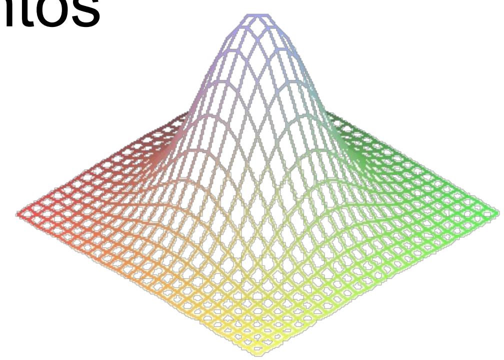
$$I_{MIN}(x, y) = MIN\{I_1(x, y), I_2(x, y), I_3(x, y), I_4(x, y)\}$$

- Se buscan los máximos de I_{MIN}, que son puntos de interés asociados a esquinas.

Detector de Puntos de Interés de Shi-Tomasi y de Harris

Detección de puntos de interés

- Detector de esquinas de Harris
  - Mejora del anterior, que presentaba problemas frente a rotaciones y mala localización de puntos
  - La ventana es una gaussiana $N(x,y,\sigma_I)$



$$w(x, y; \sigma_I) = N(x, y, \sigma_I)$$

  - En vez de diferencias $\Delta x, \Delta y$ se usan derivadas calculadas sobre una versión suavizada (filtrada pasabajos con gaussiana σ_D) $L(x,y)$ de la imagen

$$L(x, y, \sigma_D) = I(x, y) * N(x, y, \sigma_D), \qquad \sigma_I > \sigma_D$$

Detección de puntos de interés

- La expresión a evaluar es:

$$Moravec: E(x_0, y_0, \Delta x, \Delta y) = \sum_{x,y} w(x - x_0, y - y_0)\big(I(x + \Delta x, y + \Delta y) - I(x, y)\big)^2$$

$$Harris: \quad E(x_0, y_0, \Delta x, \Delta y) = \sum_{x,y} w_{SUAVE}(x - x_0, y - y_0)\big(I_{SUAVE}(x + \Delta x, y + \Delta y) - I_{SUAVE}(x, y)\big)^2$$

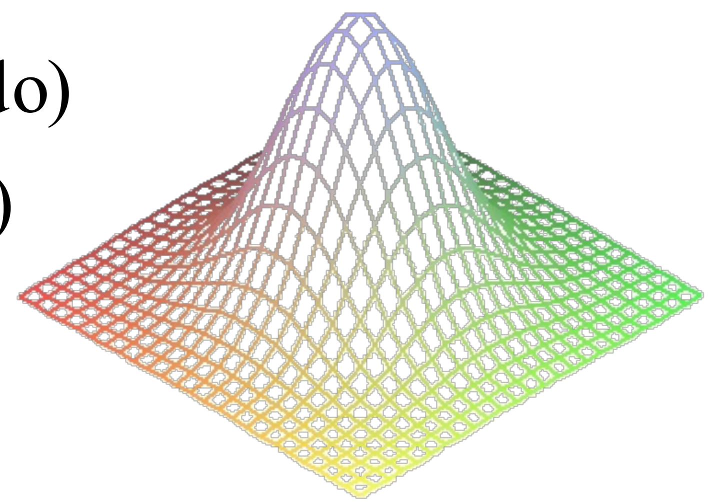
$$w_{SUAVE}(x - x_0, y - y_0) = N(x - x_0, y - y_0, \sigma_I)$$

$$I_{SUAVE}(x, y) = L(x, y, \sigma_D) = I(x, y) * N(x, y, \sigma_D)$$

σ_D : escala de derivación (suavizado)

σ_I : escala de integración (ventana)

$\sigma_{\mathrm{I}} > \sigma_D$



Detección de puntos de interés

$$\Delta I(x,y) = I_{SUAVE}(x+\Delta x, y+\Delta y) - I_{SUAVE}(x,y)$$

$$\Delta I(x,y) = L(x+\Delta x, y+\Delta y, \sigma_D) - L(x,y,\sigma_D) = \frac{\partial L}{\partial x}\Delta x + \frac{\partial L}{\partial y}\Delta y + O(\Delta x^2, \Delta y^2)$$

$$\Delta I^2(x,y) = \left(\frac{\partial L}{\partial x}\right)^2 \Delta x^2 + \left(\frac{\partial L}{\partial y}\right)^2 \Delta y^2 + 2\frac{\partial L}{\partial x}\frac{\partial L}{\partial y}\Delta x \Delta y$$

$$\Delta I^2(x,y) = (\Delta x, \Delta y)\begin{bmatrix} \left(\frac{\partial L}{\partial x}\right)^2 & \frac{\partial L}{\partial x}\frac{\partial L}{\partial y} \\ \frac{\partial L}{\partial x}\frac{\partial L}{\partial y} & \left(\frac{\partial L}{\partial y}\right)^2 \end{bmatrix}\begin{pmatrix}\Delta x \\ \Delta y\end{pmatrix} = (\Delta x, \Delta y)A_{(x,y)}\begin{pmatrix}\Delta x \\ \Delta y\end{pmatrix}$$

$$E(x,y;\Delta x,\Delta y) = \sum_{x,y} N(x-x_0, y-y_0, \sigma_I)(\Delta x, \Delta y)A_{(x,y)}\begin{pmatrix}\Delta x \\ \Delta y\end{pmatrix} = (\Delta x, \Delta y)\left(\sum_{x,y} N(x-x_0, y-y_0, \sigma_I)A_{(x,y)}\right)\begin{pmatrix}\Delta x \\ \Delta y\end{pmatrix}$$

$$E(x,y;\Delta x,\Delta y) = (\Delta x, \Delta y)\mu(x_0,y_0)\begin{pmatrix}\Delta x \\ \Delta y\end{pmatrix}$$

Detección de puntos de interés

$$L(x,y,\sigma_D) = I(x,y) * N(x,y,\sigma_D) \;\; => \;\; I_{SUAVE}(x,y)$$

$$\underset{\text{Matriz}}{\mu(x_0,y_0)} = N(x-x_0, y-y_0, \sigma_I) * \begin{pmatrix} \frac{\partial L}{\partial x}\frac{\partial L}{\partial x} & \frac{\partial L}{\partial x}\frac{\partial L}{\partial y} \\ \frac{\partial L}{\partial y}\frac{\partial L}{\partial x} & \frac{\partial L}{\partial y}\frac{\partial L}{\partial y} \end{pmatrix}$$

$$E(x_0,y_0,\Delta x,\Delta y) = (\Delta x, \Delta y)\mu(x_0,y_0)\begin{pmatrix} \Delta x \\ \Delta y \end{pmatrix}$$

- La matriz μ(x,y) es simétrica y definida ≥ 0
- Se desea elegir puntos (x_0,y_0) donde la energía sea grande para cualquier dirección de desplazamiento (Δx,Δy)

Detección de puntos de interés

$$E(x_0, y_0, \Delta x, \Delta y) = (\Delta x, \Delta y)\mu(x_0, y_0)\begin{pmatrix} \Delta x \\ \Delta y \end{pmatrix} = v^T \mu\, v$$

- Si los valores propios de μ son $\{\lambda_1, \lambda_2\}$ y sus vectores propios $\{v_1, v_2\}$:

$$\mu = \begin{pmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \lambda_1 & \\ & \lambda_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix}$$

$$v^T \mu v = (.....) \times \lambda_1 + (.....) \times \lambda_2$$

- Para que la energía sea grande en cualquier dirección de desplazamiento, los dos valores propios de μ deben ser grandes. (E es energía => son positivos).

Detección de puntos de interés

$$E(x_0, y_0, \Delta x, \Delta y) = (\Delta x, \Delta y)\mu(x_0, y_0)\begin{pmatrix} \Delta x \\ \Delta y \end{pmatrix} = v^T \mu\, v$$

- Si los valores propios de m son $\{\lambda_1,\lambda_2\}$ y sus vectores propios $\{v_1,v_2\}$:

$$E = \begin{pmatrix} \Delta x & \Delta y \end{pmatrix}\mu\begin{pmatrix} \Delta x \\ \Delta y \end{pmatrix}$$

$$E = \begin{pmatrix} \Delta x & \Delta y \end{pmatrix} R \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 \\ 0 & \lambda_2 \end{bmatrix} R^T \begin{pmatrix} \Delta x \\ \Delta y \end{pmatrix}$$

$$E = \begin{pmatrix} \Delta x_R & \Delta y_R \end{pmatrix} \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 \\ 0 & \lambda_2 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} \Delta x_R \\ \Delta y_R \end{pmatrix}$$

- Los valores propios de μ deben ser grandes.

Detección de puntos de interés

- Los dos valores propios de μ(x,y), llamados $\lambda_1(x,y)$ y $\lambda_2(x,y)$ deben ser grandes en (x,y) para que haya esquina
- Varios detectores según cómo se especifique esto:
  - Detector de Shi y Tomasi: se define

$$\boxed{\begin{aligned} &cornerness(x,y) = \min\left(\lambda_1(x,y), \lambda_2(x,y)\right) \\ &\text{puntos de interés} = \max\{cornerness(x,y)\} \end{aligned}}$$

Detección de puntos de interés

- Detector de Harris

$$\det \mu = \mu_{11}\mu_{22} - \mu_{21}\mu_{12} = \lambda_1\lambda_2$$

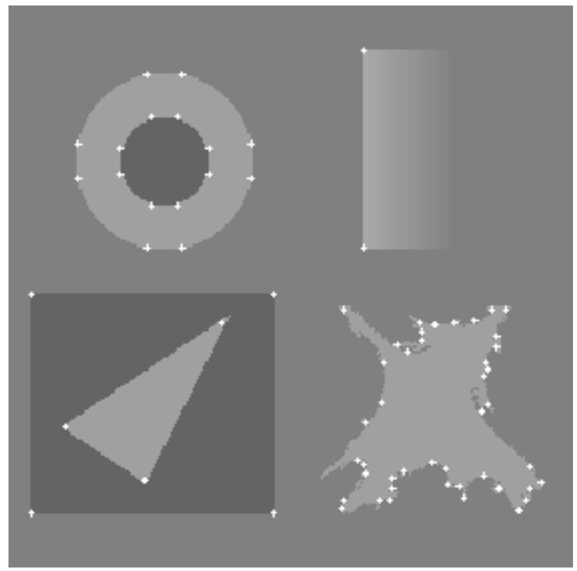
$$Tr\ \mu = \mu_{11} + \mu_{22} = \lambda_1 + \lambda_2$$

$$\boxed{\begin{aligned} &cornerness(x,y) = \det\big(\mu(x,y)\big) - \alpha\,\mathrm{Tr}^2\big(\mu(x,y)\big) \\ &\text{puntos de interés} = \max\{cornerness(x,y)\} \end{aligned}}$$

- Se pide que el producto de los valores propios sea grande en comparación con su suma => los dos valores propios deben ser grandes a la vez

Detección de puntos de interés

- Ejemplo de puntos detectados usando Harris



- Los puntos de interés encontrados coinciden en general con esquinas. Hay problemas con cambios de escala en las imágenes.