



**PUCP**

# PROCESAMIENTO DE SEÑALES E IMÁGENES DIGITALES

IEE239

*INGENIERÍA MECATRÓNICA*

*Facultad de Ciencias e Ingeniería*



# DETECTOR DE CARACTERÍSTICAS RESALTANTES

- Un detector de características resaltantes en una imagen es un algoritmo o método utilizado en procesamiento de imágenes y visión por computadora para identificar y localizar puntos de interés (keypoints) dentro de una imagen.
- Estos puntos de interés pueden ser esquinas, bordes, puntos específicos, regiones, o patrones que tienen un alto grado de información y son únicos o distintivos en la imagen.
- Detectar estas características es fundamental para tareas como reconocimiento de objetos, seguimiento de objetos, registro de imágenes y creación de mosaicos.

# CARACTERÍSTICAS RESALTANTES



# DETECTOR DE ESQUINAS

- El Error Cuadrático Ponderado por Ventanas (Weighted Sum of Squared Differences, WSSD) para un desplazamiento  $u$  es una extensión del método de Sum of Squared Differences (SSD) con ponderación espacial.

$$E_{\text{WSSD}(u)} = \sum_i w(x_i) [I_1(x_i + u) - I_0(x_i)]^2$$

- Donde:
  - $\sum_i$  : Indica una suma sobre todos los píxeles  $i$  dentro de una ventana definida alrededor del punto de interés en la imagen.
  - $w(x_i)$ : Es la función de ponderación que depende de la posición del píxel  $x_i$ . Se puede utilizar para que ciertos píxeles tengan mayor influencia en el cálculo dentro de la ventana.
  - $I_1(x_i + u)$ : Es el valor de intensidad del píxel en la posición  $x_i + u$  en la imagen  $I_1$ , desplazado por un vector  $u$ .
  - $I_0(x_i)$ : Es el valor de intensidad del píxel en la posición  $x_i$  en la imagen  $I_0$ .
- Su uso es en algoritmos de correspondencia de imágenes y de estimación de movimiento (por ejemplo, en la creación de mapas de disparidad en visión estéreo o en el seguimiento de objetos en secuencias de video).

# DETECTOR DE ESQUINAS

- Autocorrelación

$$E_{AC(\Delta u)} = \sum_i w(x_i) [I_0(x_i + \Delta u) - I_0(x_i)]^2$$

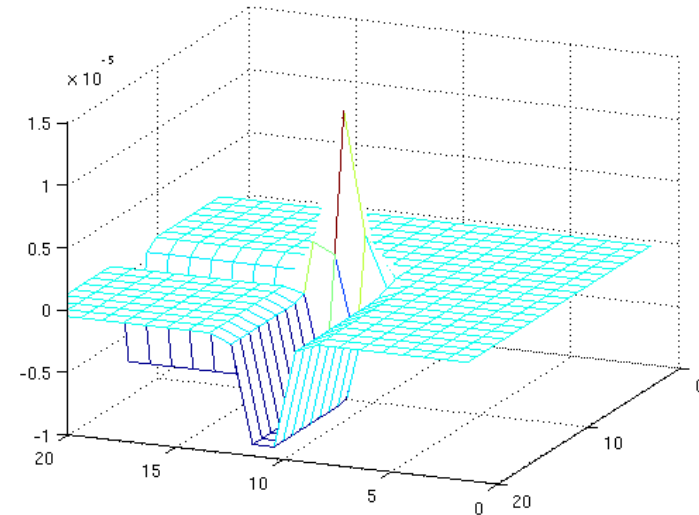
- Usando la Serie de Taylor

$$\begin{aligned} E_{AC(\Delta u)} &= \sum_i w(x_i) [I_0(x_i + \Delta u) - I_0(x_i)]^2 \approx \sum_i w(x_i) [I_0(x_i) + \nabla I_0(x_i) \cdot \Delta u - I_0(x_i)]^2 \\ &= \sum_i w(x_i) [\nabla I_0(x_i) \cdot \Delta u]^2 = \Delta u^T A \Delta u \end{aligned}$$

Donde

$$\nabla I_0(x_i) = \left( \frac{\partial I_0}{\partial x}, \frac{\partial I_0}{\partial y} \right)(x_i)$$

- El detector de esquinas de Harris se basa en el cálculo de la matriz de autocorrelación (o matriz de estructura) en una ventana alrededor de cada píxel. La respuesta de la función de Harris se utiliza para determinar si un punto es una esquina.



# DETECTOR DE ESQUINAS DE HARRIS

- El detector de esquinas de Harris se basa en el cálculo de la matriz de autocorrelación (o matriz de estructura) en una ventana alrededor de cada píxel. La respuesta de la función de Harris se utiliza para determinar si un punto es una esquina.

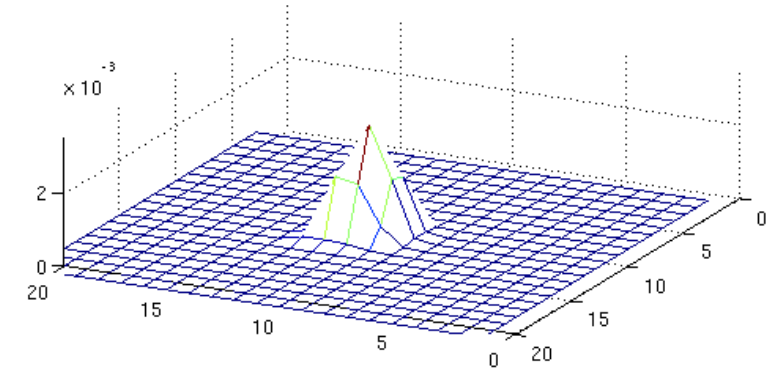
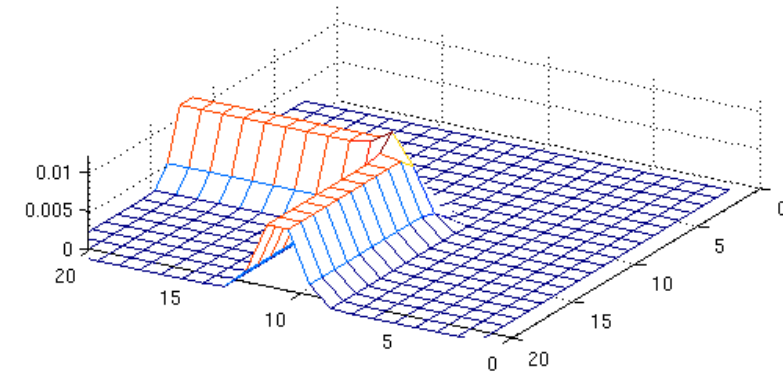
- La matriz de Autocorrelación A se puede escribir como:

$$A = w * \begin{bmatrix} I_x^2 & I_x I_y \\ I_x I_y & I_y^2 \end{bmatrix}$$

- Para cada píxel se calcula la función de Harris:

$$R = \det(A) - \alpha \cdot \text{trace}(A)^2$$

- Dónde  $\alpha$  es la constantes empírica  $\alpha = 0.04$

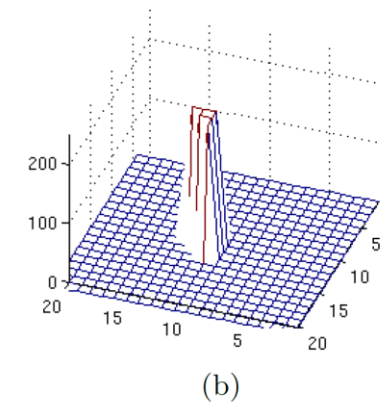
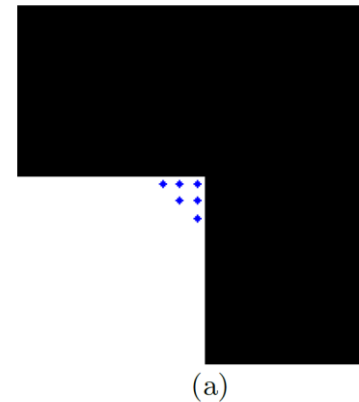


# DETECTOR DE ESQUINAS FAST

E. Rosten, R. Porter y T. Drummond, «Faster and better: A machine learning approach to corner detection,» IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 32, pp. 105-119, 2010

- Este es un detector de esquinas muy rápido que utiliza una técnica basada en la intensidad de los píxeles en una pequeña vecindad alrededor de un punto.
- El primer paso para la extracción de puntos de interés es el criterio de segmentación. Este opera considerando un círculo de 16 píxeles alrededor de una esquina candidata  $p$ .

$$S_{p \rightarrow x} = \begin{cases} d, & I_{p \rightarrow x} \leq I_p - t & (\text{más oscuro}, P_d) \\ s, & I_p - t < I_{p \rightarrow x} < I_p + t & (\text{similar}, P_s) \\ b, & I_p + t \leq I_{p \rightarrow x} & (\text{más brillante}, P_b) \end{cases}$$





# DETECTOR SIFT

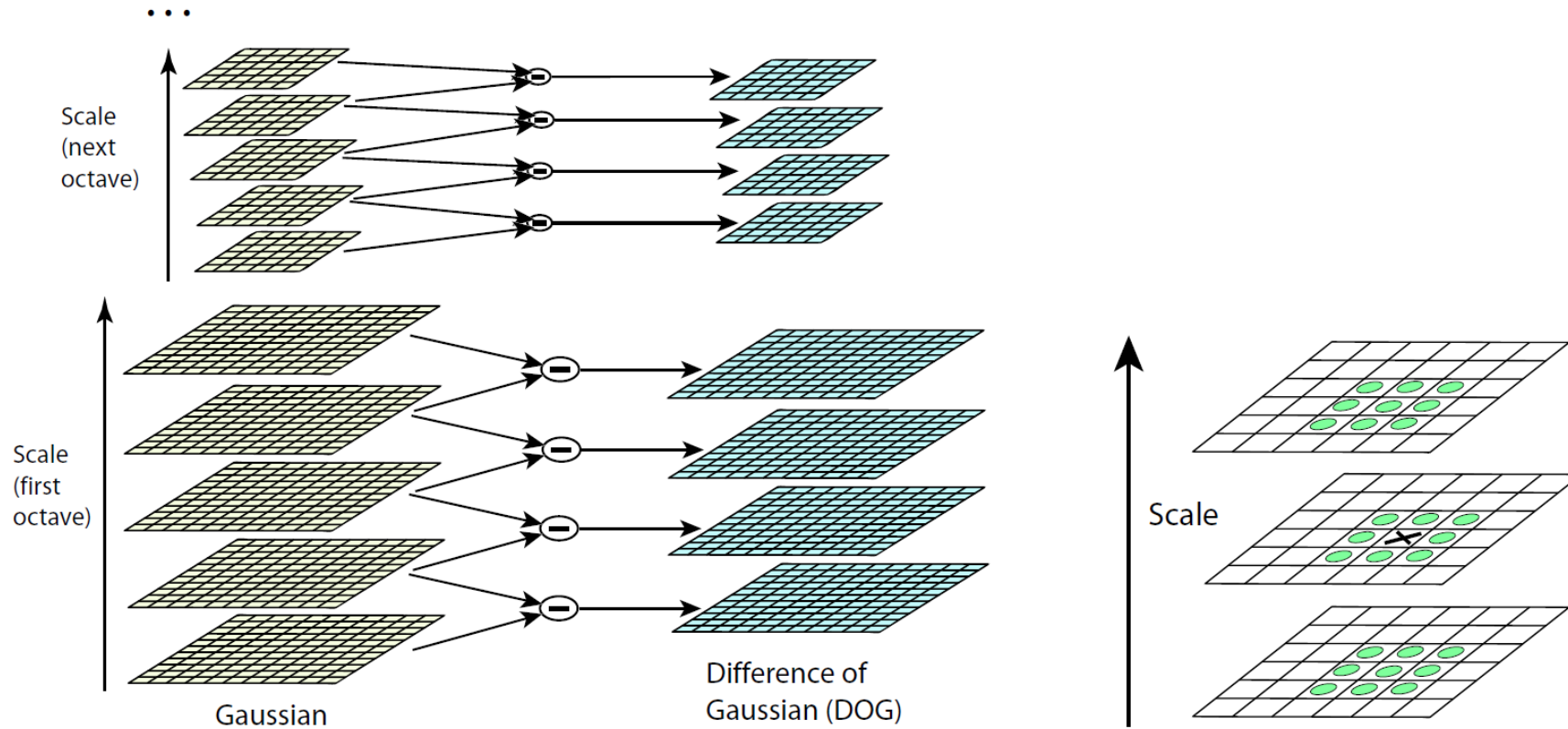
D. G. Lowe, «Object Recognition from Local Scale-Invariant Features,» The Proceedings of the Seventh IEEE International Conference on Computer Vision, vol. 2, pp. 1150-1157, 1999

- SIFT detecta y describe características de una manera que es invariante a la escala y la rotación. Identifica puntos de interés y los describe utilizando un vector de características que puede ser comparado entre diferentes imágenes.
- Para su implementación, Lowe propone el uso de la diferencia de gaussianos (DoG) para encontrar los puntos de interés de una imagen.

$$L(x, y, \sigma) = g(x, y, \sigma) * I(x, y)$$

$$\begin{aligned} D(x, y, \sigma) &= (g(x, y, k\sigma) - g(x, y, \sigma)) * I(x, y) \\ &= L(x, y, k\sigma) - L(x, y, \sigma) \end{aligned}$$

# DETECTOR SIFT



# Detector SIFT



Autor: Bastian Leibe

# Laplaciano de Gaussiano (LoG)

- Uno de los detectores de manchas son basados en el Laplaciano del Gaussiano (LoG).

$$g(x, y, t) = \frac{1}{2\pi t} e^{-\frac{x^2+y^2}{2t}}, \text{ donde } t \text{ define la escala}$$

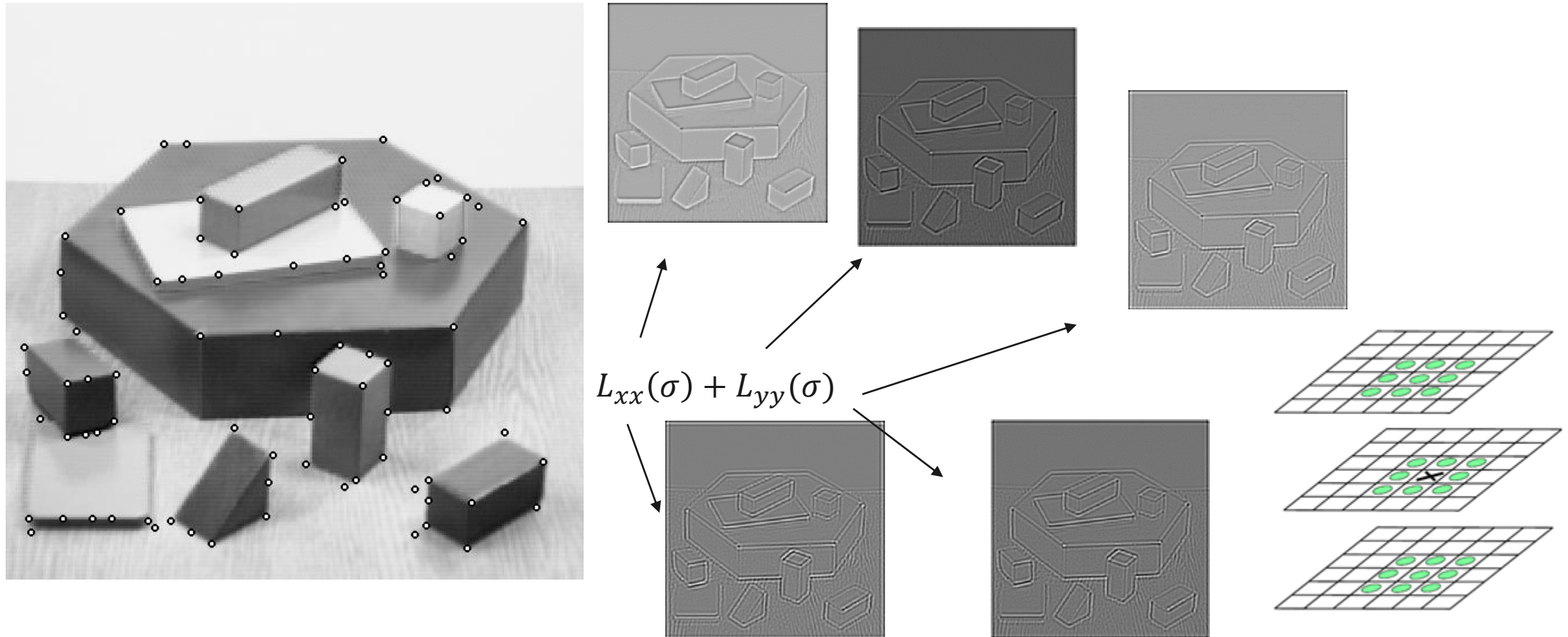
$$L(x, y, t) = g(x, y, t) * f(x, y)$$

- Luego de aplica el Laplaciano:

$$\nabla^2 L = L_{xx} + L_{yy}$$

- Usualmente se obtiene respuestas máximas de manchas con radios  $r = \sqrt{2t}$

# Laplaciano de Gaussiano (LoG)





# Detector Harris-Laplace

K. Mikolajczyk y C. Schmid, «Indexing based on scale invariant interest points,» Eighth IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV 2001), vol. 1, p. 525 –531, 2001.

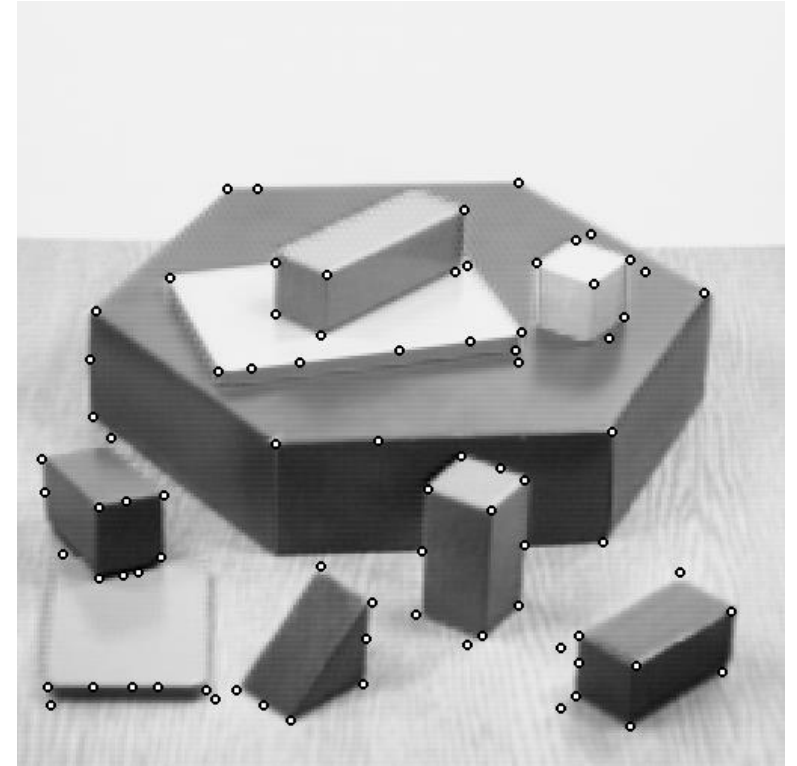
- Mikolajczyk y Schmid desarrollaron un detector de esquinas invariante al tamaño de la imagen (escala), detector conocido como Harris-Laplace.
- Mikolajczyk y Schmid mostraron que el Laplacian-of-Gaussians (LoG) encuentra un alto porcentaje correcto de escalas características.

$$|LoG(x, \sigma_n)| = \sigma_n^2 |L_{xx}(x, \sigma_n) + L_{yy}(x, \sigma_n)|$$

- El procedimiento consiste en:
  - Detección de esquinas con Harris en cada escala.
  - Selección de escala con el uso del Laplaciano.

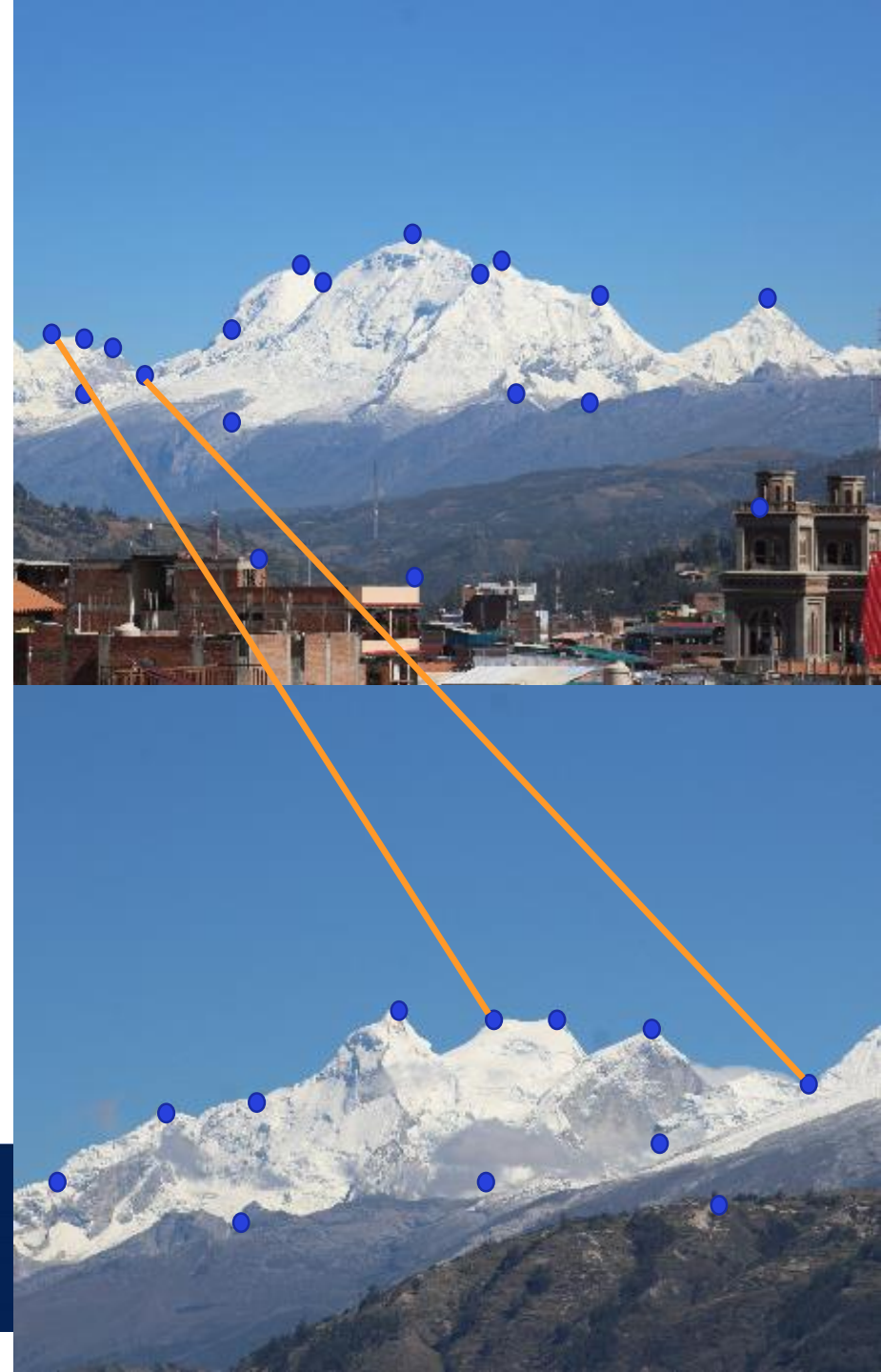
# Descriptor de Puntos de Interés

- Los operadores Harris, Hessian, FAST y SUSAN ubican puntos de interés con precisión y alta repetitividad.
- Para la comparación de los puntos de interés en imágenes diferentes, se hace uso de descriptores de regiones.



# Descriptor de Puntos

- Después de la detección de los puntos de interés, se tiene que emparejar con los puntos correspondientes en otra imagen.
- ¿Cómo determinar la correspondencia de los puntos?





# Descriptor SIFT

- Se estima la orientación dominante creando un histograma de orientación de gradientes y luego ubicar el pico significativo.

