

# Reconocimiento de objetos en video utilizando SIFT Paralelo

**Bernarda Albanesi y Nadia Funes**

Directora : Prof. Laura Lanzarini  
Co-Director : Prof. Franco Chichizola

Facultad de Informática - UNLP

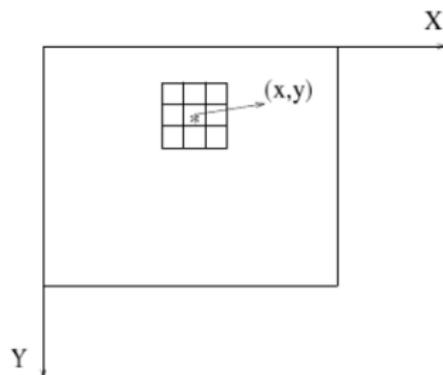
18 de diciembre de 2010

# Temario

- 1 Motivación
  - Introducción
    - Filtros
    - Histograma
    - Detección de bordes y esquinas
    - Reconocimiento de objetos
  - SIFT
  - RIFT, G-RIF, PCA-SIFT, SURF
- 2 Nuestra propuesta/Resultados
  - Paralelización de SIFT
  - Arquitectura
  - Resultados
- 3 Conclusiones y líneas de trabajo futuras

# Introducción - Filtros

$w_1$ ( $x-1, y-1$ )	$w_2$ ( $x, y-1$ )	$w_3$ ( $x+1, y-1$ )
$w_4$ ( $x-1, y$ )	$w_5$ ( $x, y$ )	$w_6$ ( $x+1, y$ )
$w_7$ ( $x-1, y+1$ )	$w_8$ ( $x, y+1$ )	$w_9$ ( $x+1, y+1$ )



# Introducción - Filtros

- Filtros espaciales lineales.
  - Filtro gaussiano.

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

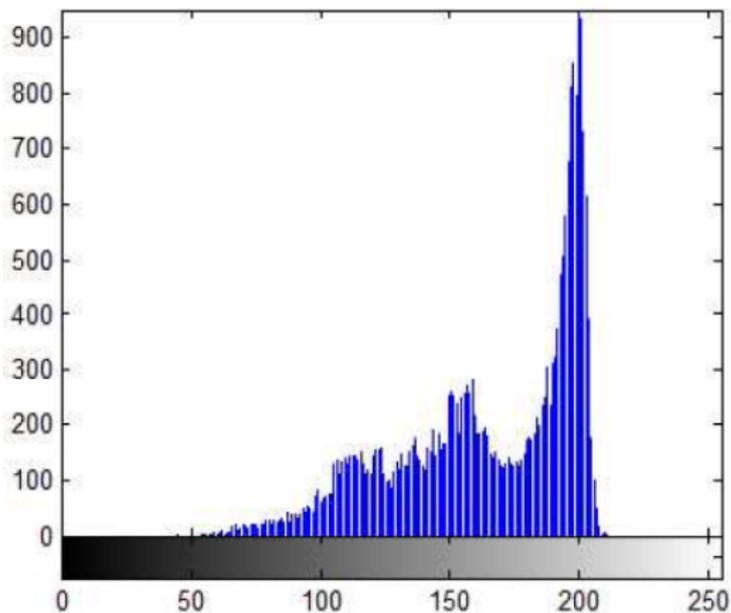


- Filtro promedio.

# Introducción - Filtros

- Filtros espaciales no lineales.
  - Realizan un cálculo sobre los píxeles, no aplican máscara.
  - Filtro de la media armónica, contra-armónica y geométrica.
  - Filtro de máximo, mínimo.
  - Filtro de punto medio.
  - Filtro de la mediana.

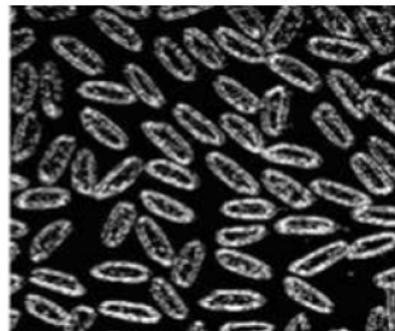
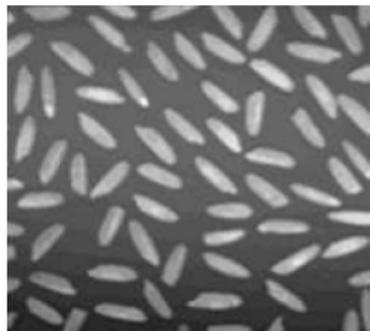
# Introducción - Histograma



## Introducción - Detección de bordes

- Operador del gradiente.
- Operador Sobel, Prewitt, Canny.
- Operador laplaciano.

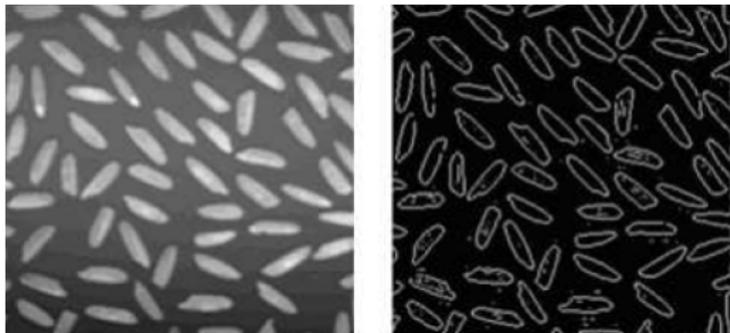
$$\nabla^2 f(x, y) = f(x + 1, y) + f(x - 1, y) + f(x, y + 1) + f(x, y - 1) - 4f(x, y)$$



# Introducción - Detección de bordes

- Operador laplaciano de la gaussiana.

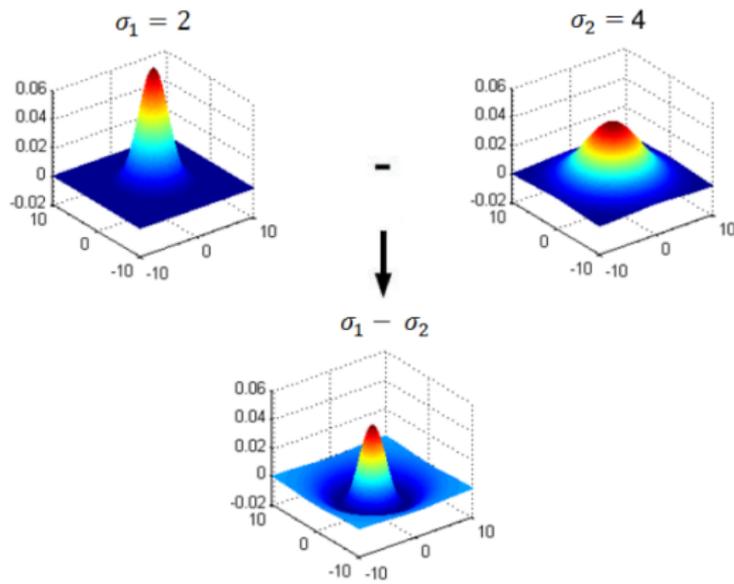
$$LoG = \Delta G_{\sigma}(x, y) = \frac{\partial^2}{\partial x^2} G_{\sigma}(x, y) + \frac{\partial^2}{\partial y^2} G_{\sigma}(x, y) = \frac{x^2 + y^2 - 2\sigma^2}{2\pi\sigma^6}$$



# Introducción - Detección de bordes

- Operador de diferencias de gaussianas.

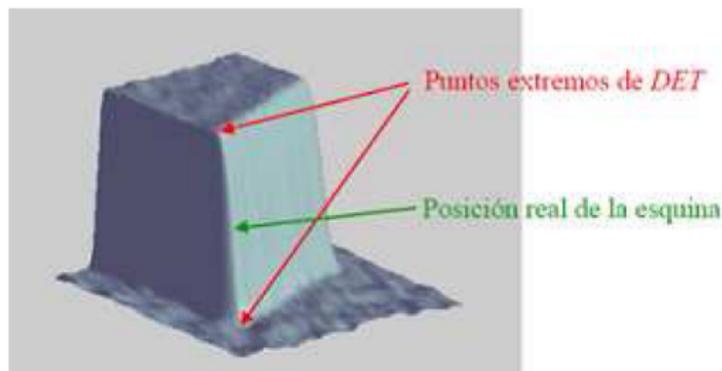
$$DoG(x, y) = k_1 e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma_1^2}} - k_2 e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma_2^2}}$$



## Introducción - Detección de esquinas

- Método de Beaudet.

$$DET = f_{xx}f_{yy} - f_{xy}^2$$



- Método de Dreschler y Nagel, Susan, Harris-Plessey, Kitchen y Rosenfeld.

# Introducción - Reconocimiento de objetos

- El reconocimiento de objetos en video es un tema de interés en distintas áreas como seguridad, edición de video, entretenimientos e incluso control de accesos.
- El éxito del reconocimiento se basa en la adecuada determinación de las características de los objetos motivo de estudio.
- Se han definido varios métodos en esta dirección.
- Analizaremos algunos de ellos.

# Temario

- 1 Motivación
  - Introducción
    - Filtros
    - Histograma
    - Detección de bordes y esquinas
    - Reconocimiento de objetos
  - SIFT
  - RIFT, G-RIF, PCA-SIFT, SURF
- 2 Nuestra propuesta/Resultados
  - Paralelización de SIFT
  - Arquitectura
  - Resultados
- 3 Conclusiones y líneas de trabajo futuras

# SIFT

- SIFT (Scale Invariant Feature Transform) es fuertemente invariante a cambios de escala, rotación y parcialmente invariante a cambios de punto de vista e iluminación



Escala



Rotación



Iluminación



Cambios de punto de vista

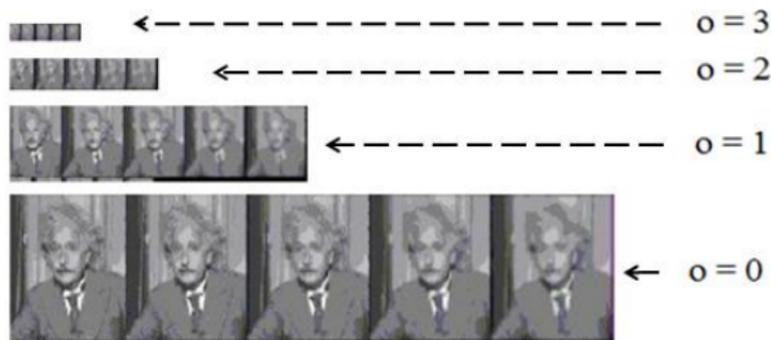
# SIFT

## Etapas

- 1 Detección de puntos *extremos* luego de realizar una transformación espacio-escala.
- 2 Identificación de puntos claves.
- 3 Asignación de orientación.
- 4 Descriptor de puntos claves.

# SIFT - Detección de ptos. *extremos*

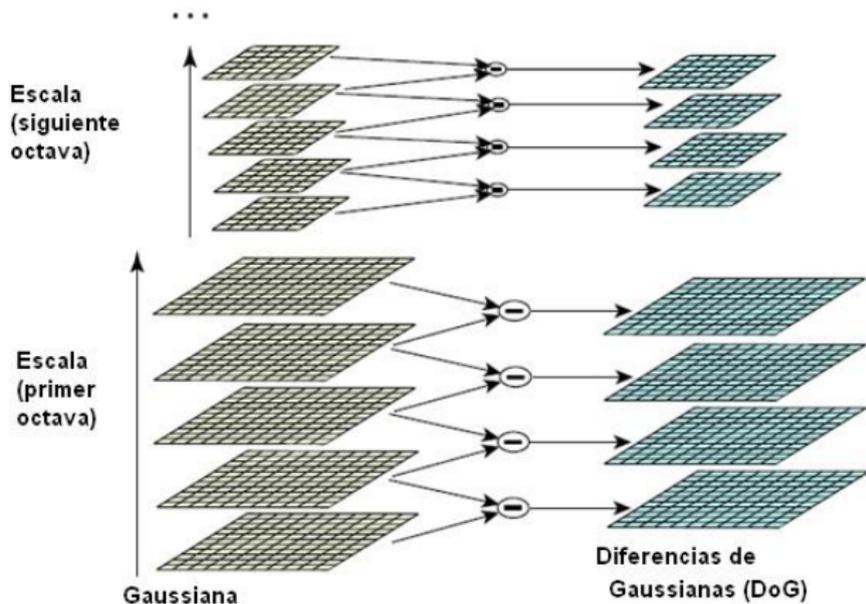
## ● Pirámide Gaussiana



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

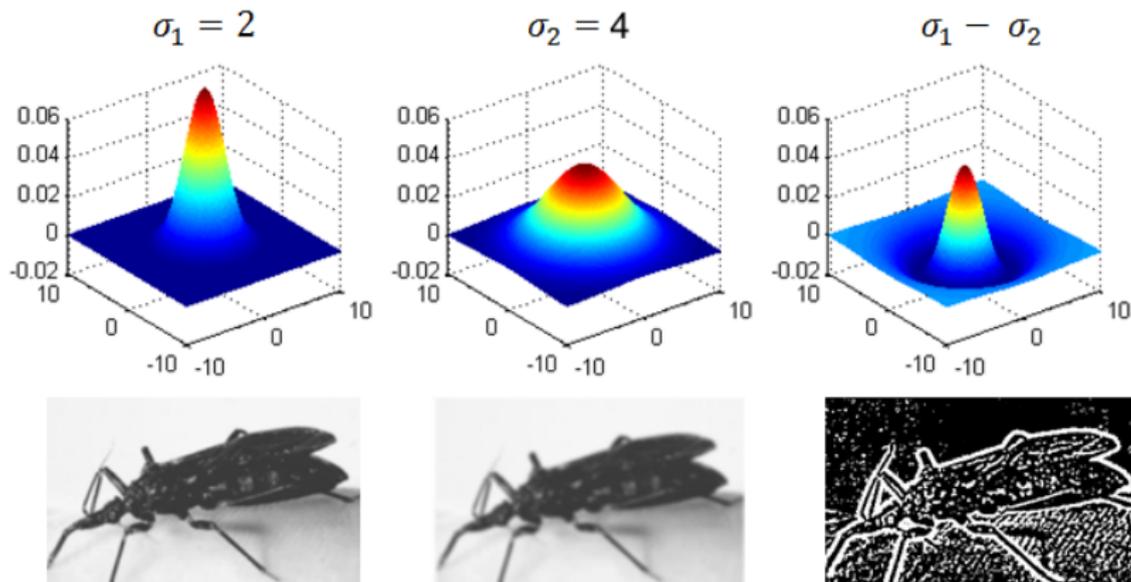
# SIFT - Detección de ptos. *extremos*

## • DoG - Diferencias de Gaussianas



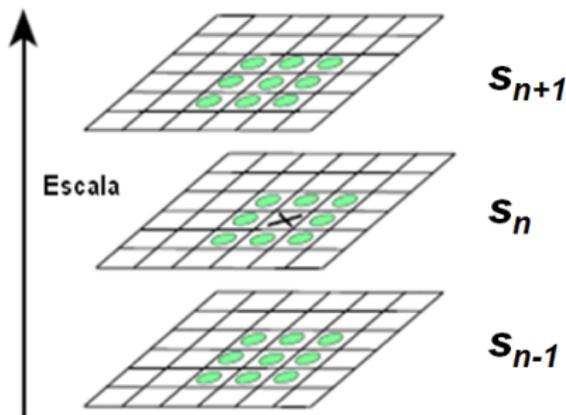
# SIFT - Detección de ptos. *extremos*

- Ejemplo de diferencias de gaussianas



## SIFT - Detección de ptos. *extremos*

- Se selecciona el píxel si es el máximo/mínimo entre los 26 píxeles analizados.



# SIFT - Identificación de puntos claves

## Eliminación de puntos extremos con bajo contraste

- Se utiliza la Expansión Cuadrática de Taylor de la función de espacio escala,  $D(x, y, \sigma)$ , donde  $D$  y sus derivadas son evaluadas en el punto de muestra y  $x = (x, y, \sigma)^T$  es el desplazamiento desde ese punto

$$D(x) = D + \frac{\partial D^T}{\partial x} x + \frac{1}{2} x^T \frac{\partial^2 D}{\partial x^2} x$$

# SIFT - Identificación de puntos claves

## Eliminación de puntos extremos con bajo contraste (cont)

- Se calcula el extremo

$$\hat{x} = -\frac{\partial^2 D^{-1}}{\partial x^2} \frac{\partial D}{\partial x}$$

- Si  $\hat{x} > 0,5$ , el extremo está más cerca a un punto diferente entonces necesita recalcularse.
- Si  $\hat{x} \leq 0,5$ , se suma el desplazamiento a la localidad del punto de muestreo para conseguir el extremo estimado.

## SIFT - Identificación de puntos claves

### Eliminación de puntos extremos con bajo contraste (cont)

- Se calcula el valor de  $D$  en el punto extremo  $\hat{x}$

$$D(\hat{x}) = D + \frac{1}{2} \frac{\partial D^T}{\partial x} \hat{x}$$

- Si  $|D(\hat{x})| < 0,03$ , se descarta el punto clave por tener un contraste bajo.

# SIFT - Identificación de puntos claves

## Eliminación de bordes

- No es suficiente con rechazar los puntos con bajo contraste. La función DoG tiene una respuesta firme a lo largo de los bordes, incluso si la posición a lo largo del borde no está bien determinada y por lo tanto inestable a pequeñas cantidades de ruido.

$$H = \begin{bmatrix} D_{xx} & D_{xy} \\ D_{xy} & D_{yy} \end{bmatrix}$$

# SIFT - Identificación de puntos claves

## Eliminación de bordes

- Sea  $\alpha$  el valor propio con la mayor magnitud y  $\beta$  el más pequeño, se puede calcular la suma de los valores propios a partir de la traza de  $H$  y el producto a partir de los determinantes.

$$\begin{aligned}Tr(H) &= D_{xx} + D_{yy} = \alpha + \beta \\Det(H) &= D_{xx}D_{yy} - (D_{xy})^2 = \alpha\beta\end{aligned}$$

- Sea  $r$  la relación entre alfa y beta, se llega a:

$$\frac{Tr(H)^2}{Det(H)} = \frac{(\alpha + \beta)^2}{\alpha\beta} = \frac{(r\beta + \beta)^2}{r\beta^2} = \frac{(r + 1)^2}{r}$$

# SIFT - Identificación de puntos claves

## Eliminación de bordes

- Para chequear si la razón de las curvaturas principales está bajo un umbral  $r$ , necesitamos chequear si

$$\frac{Tr(H)^2}{Det(H)} < \frac{(r + 1)^2}{r}$$

- Se utiliza  $r = 10$  para rechazar puntos claves que están en el borde.

## SIFT - Identificación de puntos claves



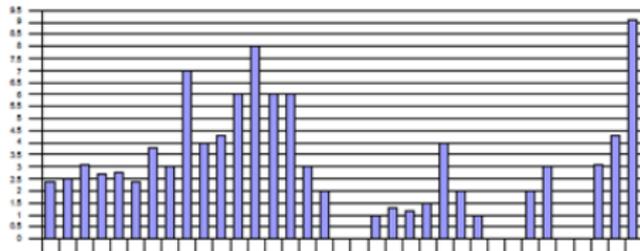
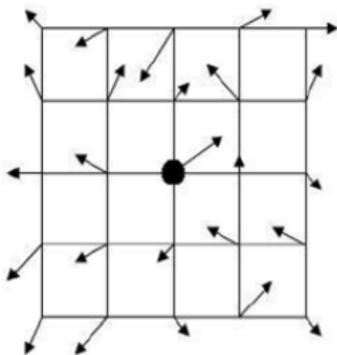
1080 puntos  
claves iniciales  
detectados



388 puntos clave  
luego del filtro

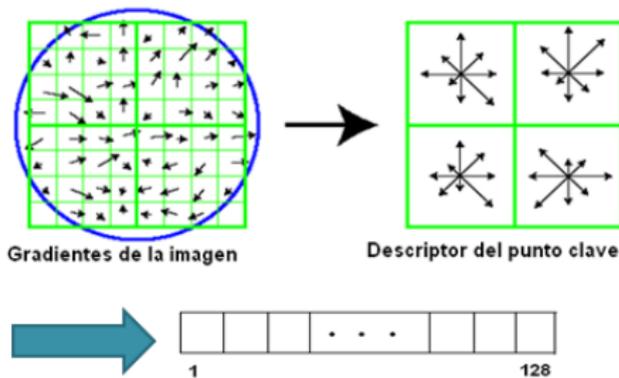
# SIFT - Cálculo de la orientación

- Se genera un histograma de 36 niveles de discretización.
- Se detectan las orientaciones predominantes.



## SIFT - Construcción del descriptor

- Se calcula un descriptor por cada punto clave. Las magnitudes del gradiente y las orientaciones son muestreadas alrededor de la posición de cada punto clave.



# Temario

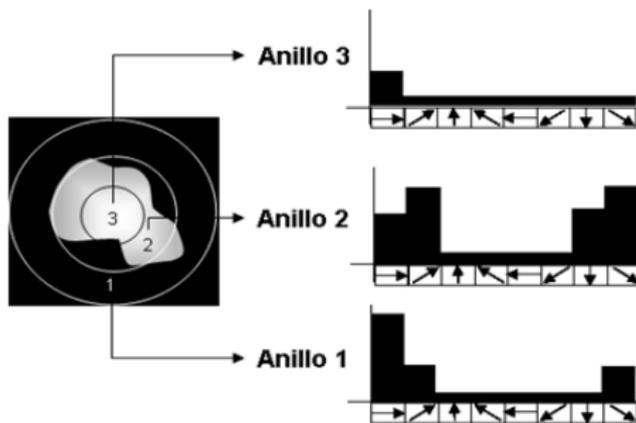
- 1 Motivación
  - Introducción
    - Filtros
    - Histograma
    - Detección de bordes y esquinas
    - Reconocimiento de objetos
  - SIFT
  - RIFT, G-RIF, PCA-SIFT, SURF
- 2 Nuestra propuesta/Resultados
  - Paralelización de SIFT
  - Arquitectura
  - Resultados
- 3 Conclusiones y líneas de trabajo futuras

# Métodos alternativos

- Rotation Invariant Feature Transform (RIFT)
- Generalized Robust Invariant Feature (GRIF)
- PCA-Scale Invariant Feature Transform (PCA-SIFT)
- Speeded Up Robust Features (SURF)

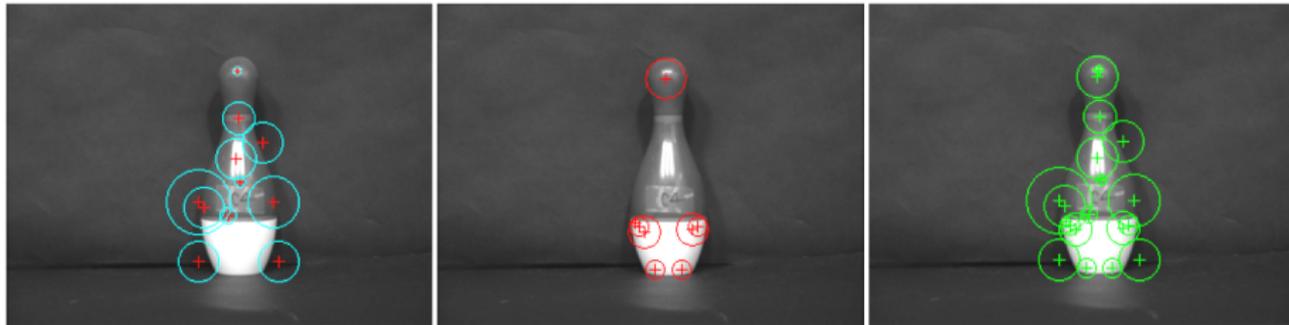
# RIFT - Rotation Invariant Feature Transform

- Es una generalización de SIFT.
- Conveniente en casos en donde se necesite modelar una amplia gama de transformaciones en 3D.



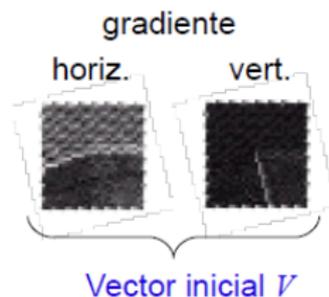
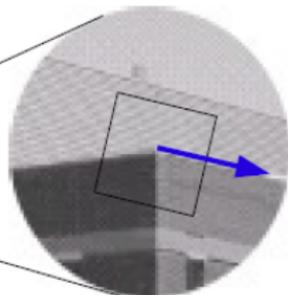
# G-RIF - Generalized Robust Invariant Feature

- Orientación, bordes y color
- Buena performance en el reconocimiento de objetos, pero solo en entornos severos.



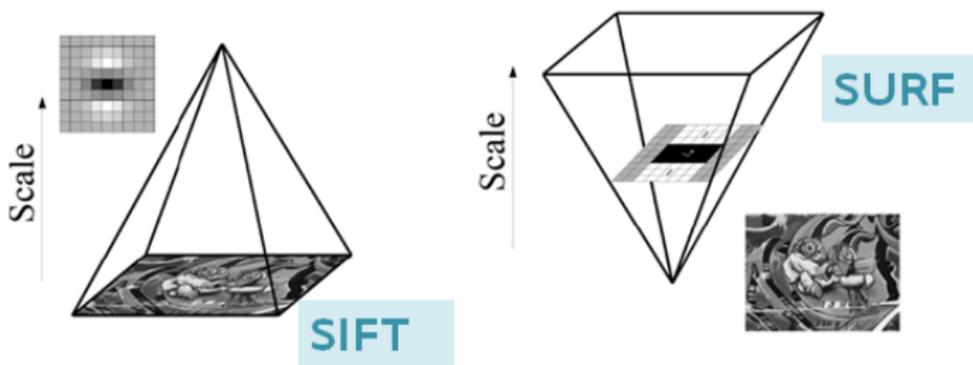
# PCA-SIFT - PCA-Scale Invariant Feature Transform

- Reducción de falsos positivos
- Baja performance, para imágenes borrosas y/o de poca resolución.



# SURF - Speeded Up Robust Features

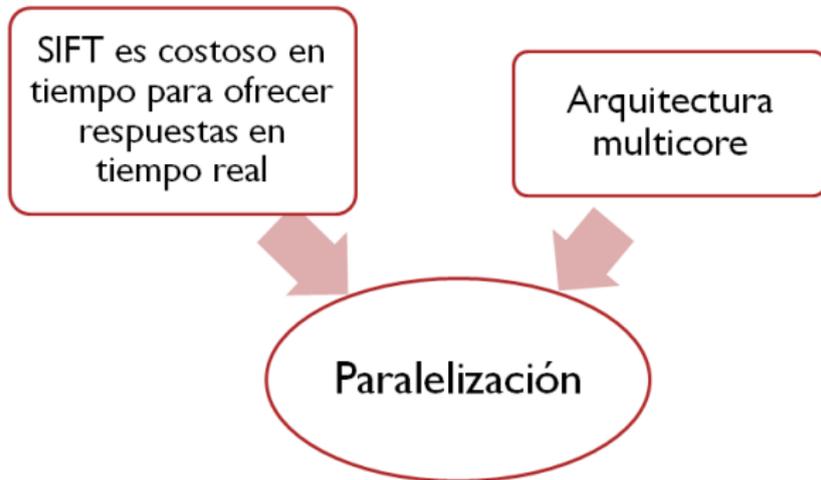
- Rápido , buena performance.
- Inestable a la rotación y cambios de iluminación.



# Temario

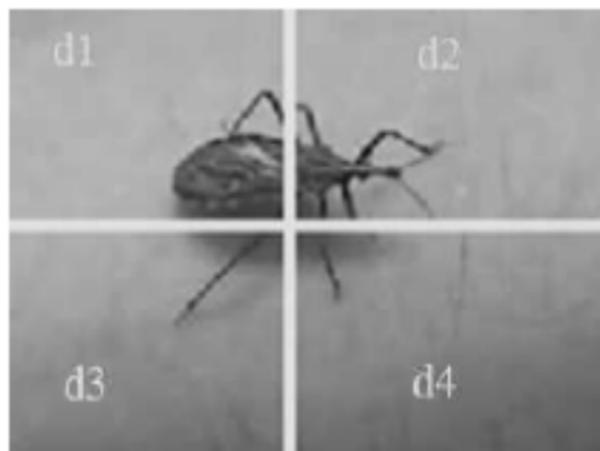
- 1 Motivación
  - Introducción
    - Filtros
    - Histograma
    - Detección de bordes y esquinas
    - Reconocimiento de objetos
  - SIFT
  - RIFT, G-RIF, PCA-SIFT, SURF
- 2 Nuestra propuesta/Resultados
  - Paralelización de SIFT
  - Arquitectura
  - Resultados
- 3 Conclusiones y líneas de trabajo futuras

# Paralelización del método SIFT



# Paralelización del método SIFT

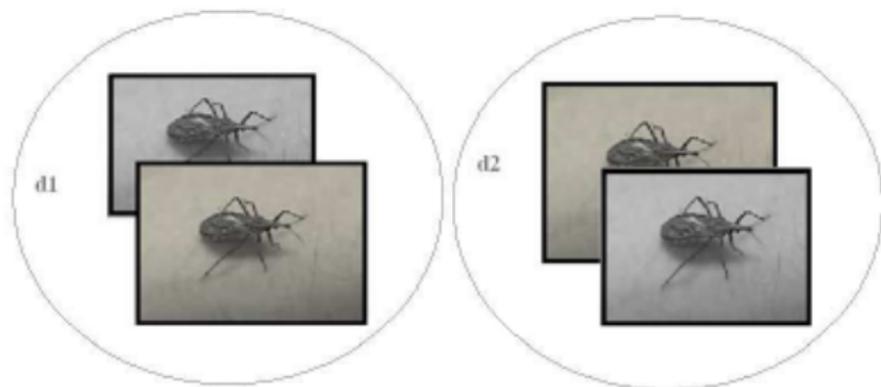
- **Particionamiento de frames**





# Paralelización del método SIFT

## • Distribución de frames



Esta es la alternativa seleccionada

- Sin overhead
- Escaso tiempo secuencial
- Independencia

# Paralelización del método SIFT

## Descripción del algoritmo

- Caracterizar la imagen a buscar.
  - Se calculan los vectores de características.
  - Se los almacena en la variable compartida “descriptor”.
- Se genera el conjunto de threads y se distribuyen los frames
  - Para cada frame
    - Se calculan los descriptores correspondientes.
    - Se realizan las comparaciones con lo almacenado en la variable compartida y se localiza el objeto.

# Paralelización del método SIFT

## Mecanismos de distribución de frames

- **Estático**

- Cada thread recibe al inicio todos los subconjuntos de bloques de frames a procesar.

- **Dinámico**

- A cada thread se le van asignando bloques de frames a resolver cada vez que está desocupado.

# Temario

- 1 Motivación
  - Introducción
    - Filtros
    - Histograma
    - Detección de bordes y esquinas
    - Reconocimiento de objetos
  - SIFT
  - RIFT, G-RIF, PCA-SIFT, SURF
- 2 Nuestra propuesta/Resultados
  - Paralelización de SIFT
  - **Arquitectura**
  - Resultados
- 3 Conclusiones y líneas de trabajo futuras

## Arquitectura y pruebas realizadas

- Se usó un multicore Dell Poweredge 1950, cuyas características son: 2 procesadores quad core Intel Xeon e5410 de 2.33 GHz, 4 Gb de memoria RAM (compartida entre ambos procesadores) y memoria cache L2 de 6Mb entre cada par de núcleos de los procesadores.
- Para poder analizar el comportamiento del algoritmo paralelo se usaron videos en escala de grises cuyos frames son de 640x480.
- Distribución Bag of Task.
- OpenMP (OpenMulti-Processing) sobre el lenguaje C.

# Temario

- 1 Motivación
  - Introducción
    - Filtros
    - Histograma
    - Detección de bordes y esquinas
    - Reconocimiento de objetos
  - SIFT
  - RIFT, G-RIF, PCA-SIFT, SURF
- 2 Nuestra propuesta/Resultados
  - Paralelización de SIFT
  - Arquitectura
  - **Resultados**
- 3 Conclusiones y líneas de trabajo futuras

## Resultados obtenidos - Métricas de performance

- **Speedup**

- $S = T_0/T_N.$

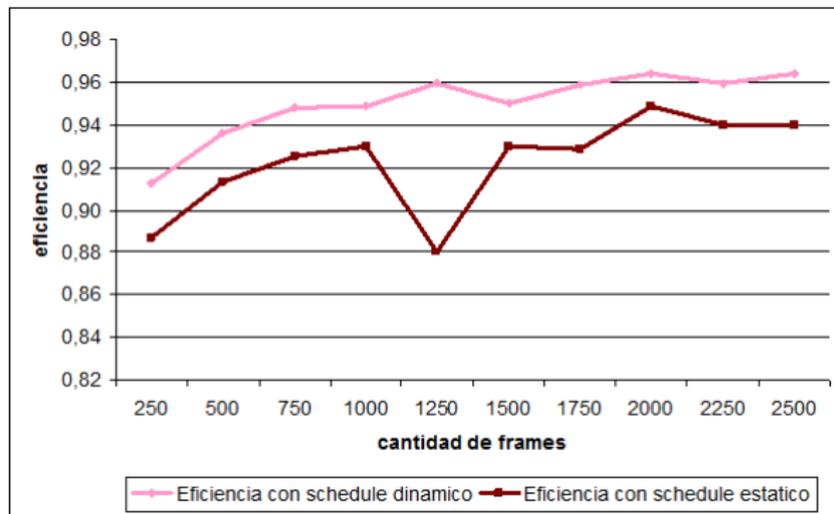
- **Eficiencia**

- $E = S/N.$

- Eficiencia óptima = 1.

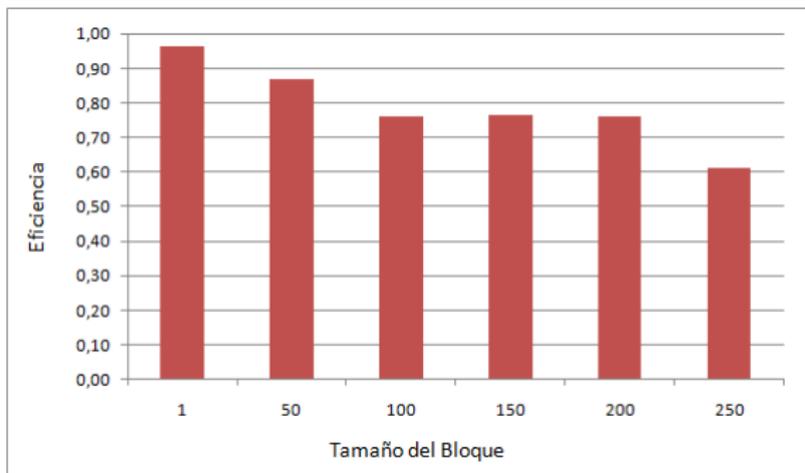
# Resultados obtenidos

## ● Comparación entre scheduling dinámico y estático



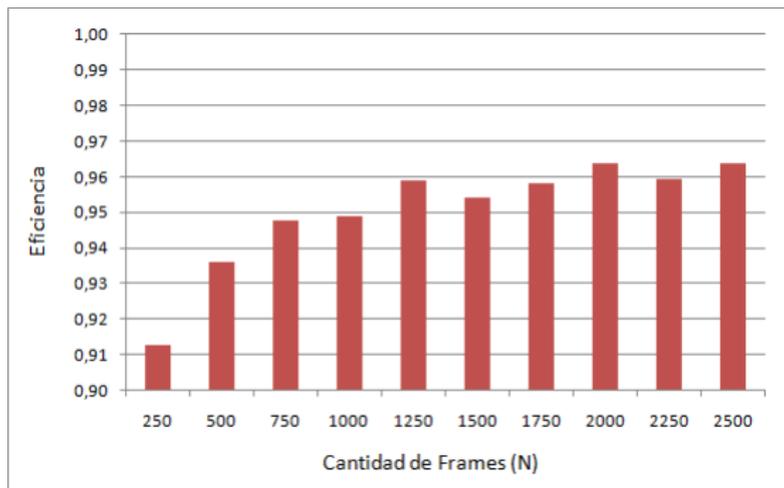
## Resultados obtenidos

- **Schedule dinámico con diferentes tamaños de bloques utilizando 2500 frames**



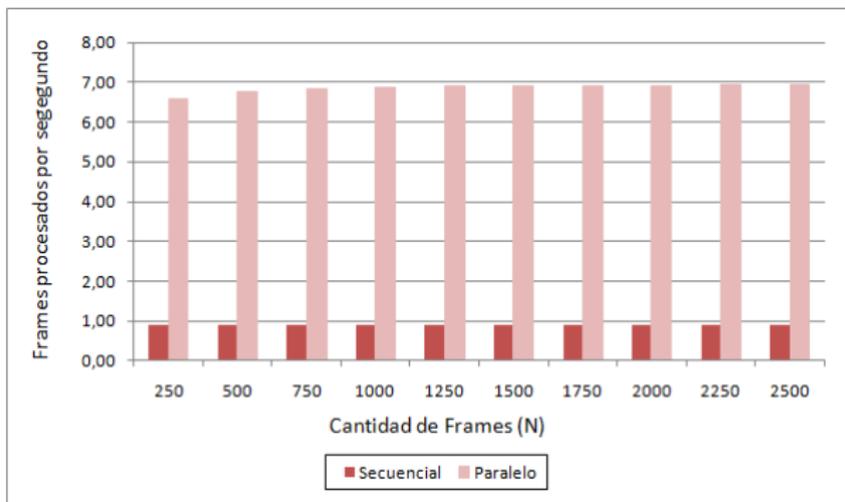
## Resultados obtenidos

- Mejores tiempos obtenidos para cada cantidad de frames



## Resultados obtenidos

- Tasa de procesamiento paralelo y secuencial con las diferentes cantidades de frames



## Conclusiones

- Se ha desarrollado una implementación paralela del método SIFT que permite aplicarlo al reconocimiento de objetos en video en tiempo real.
- Se han probado tres alternativas de paralelización del algoritmo verificando que la mejor opción es la distribución por frames con asignación dinámica del trabajo.
- Los resultados de esta investigación fueron publicados en el VIII Workshop de Computación Gráfica, Imágenes y Visualización realizado en el marco del XVI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (Bs.As. - Octubre/2010) bajo el título “Reconocimiento de objetos en video utilizando SIFT Paralelo”

## Líneas de trabajo futuras

- La Minería de Datos es un área de la informática que ha cobrado un gran interés en los últimos años.
- La mayoría de las investigaciones han estado centradas en el procesamiento de vectores de características obtenidos directamente de bases de datos o de la caracterización de texto.
- Resulta de interés extender los métodos existentes al procesamiento de señales (audio y video).
- A través de la caracterización de sus elementos, un video podría ser sometido a las mismas técnicas de recuperación de información que habitualmente se usan para datos y textos.

## Líneas de trabajo futuras

- El INIBIOLP (Instituto de Investigaciones Bioquímicas de La Plata) se encuentra realizando distintas pruebas sobre insecticidas no fosforados que requieren seguimiento de insectos en video.
- Se espera aplicar los resultados obtenidos de este trabajo para medir las trayectorias de vinchucas en entornos controlados.

## Líneas de trabajo futuras

### Seguimiento de trayectorias de vinchucas - INIBIOLP

- El experimento consiste en analizar la trayectoria de 100 vinchucas.
- Cada insecto está colocado en una cápsula de Petri independiente.
- Interesa saber si el cebo las atrae midiendo el tiempo de permanencia y la cantidad de veces que pasa sobre él.

