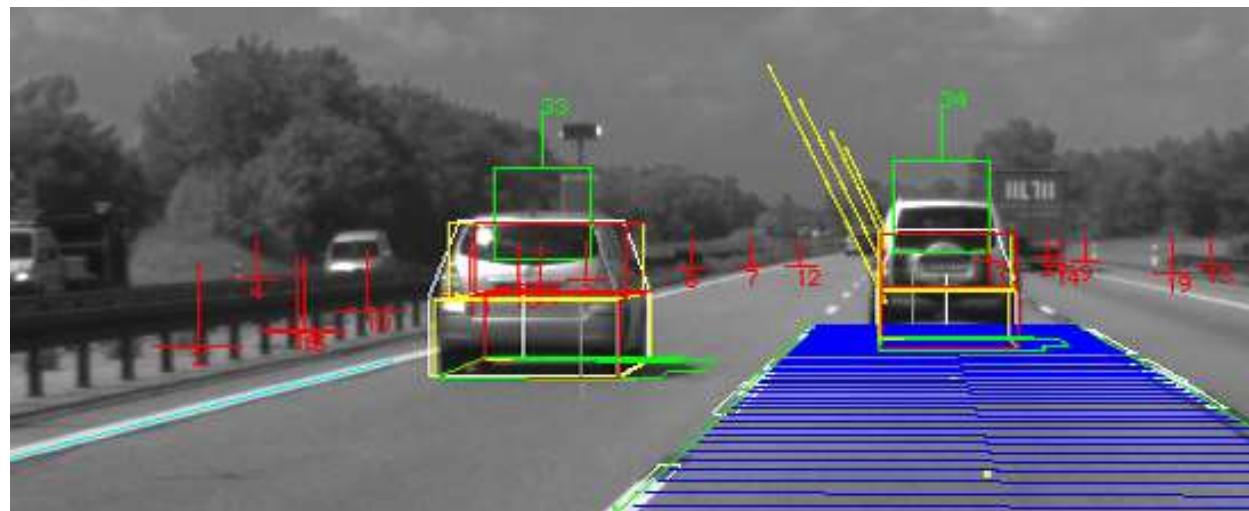


Procesamiento Geométrico y Análisis de Formas

Ivan Sipiran

Análisis de Formas

- Algoritmos para comprender la geometría de los objetos 3D
- Objetivo principal de la visión computacional
 - Comprender entradas visuales



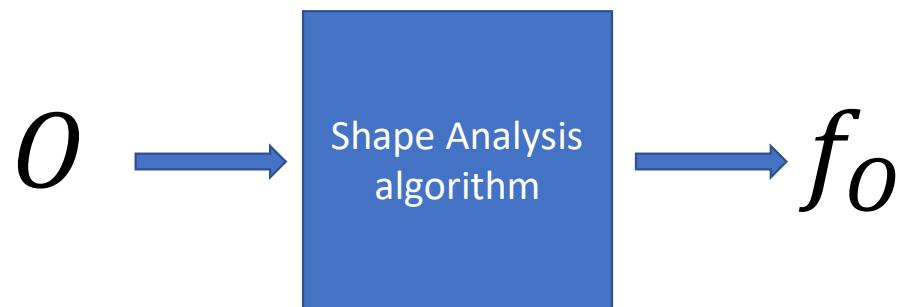
Análisis de Formas

- Algoritmos en imágenes funcionan bien
 - La mayoría de las veces, la información 2D no es suficiente
- Análisis de formas: alternativa para incorporar datos 3D en el proceso
 - Creciente interés en dispositivos 3D

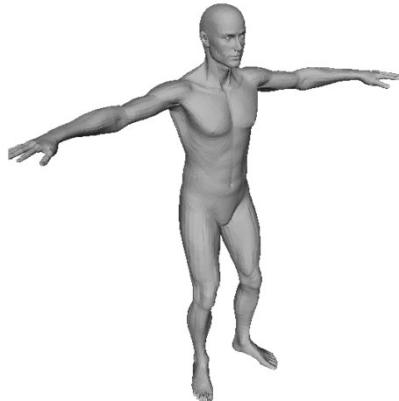


Análisis de Formas - Definición

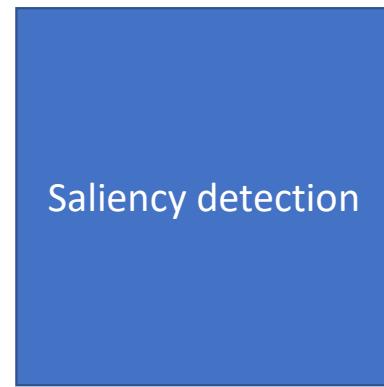
- Comprender la geometría: extraer conocimiento desde datos 3D



Análisis de Formas - Ejemplos



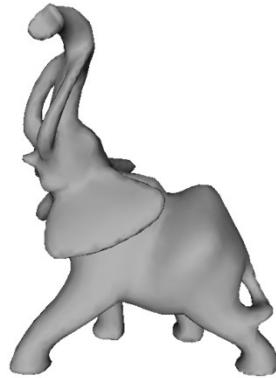
$$O = (V, E)$$



$$f_O: V \rightarrow R$$

- f_O asigna un valor a cada vértice para indicar su importancia

Análisis de Formas - Ejemplos



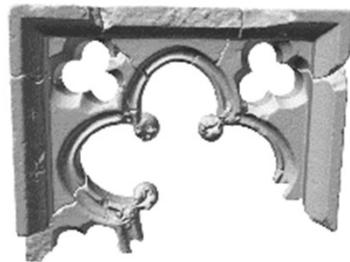
$$\mathcal{O} = (V, E)$$



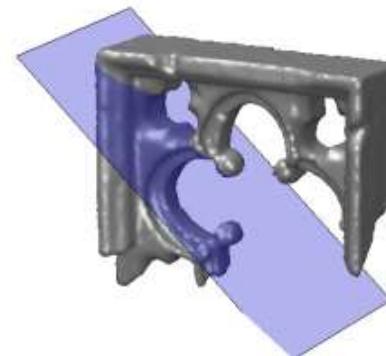
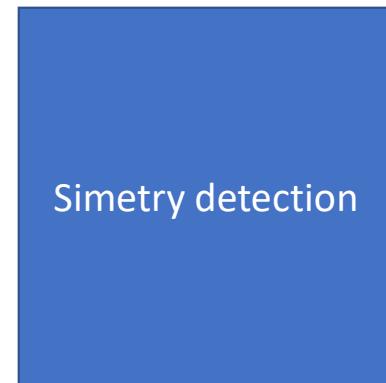
$$f_{\mathcal{O}}: V \rightarrow L$$

- $f_{\mathcal{O}}$ asigna una etiqueta a cada vértice. Cada etiqueta representa un segmento.

Análisis de Formas - Ejemplos



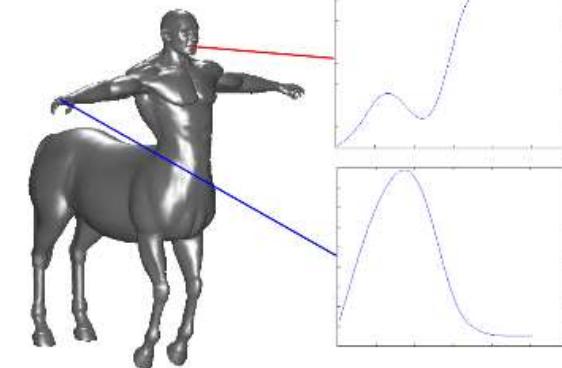
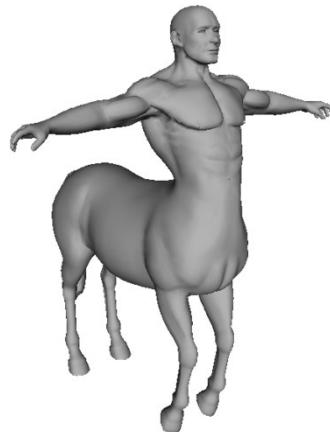
$$\mathcal{O} = (V, E)$$



$f_{\mathcal{O}}$: transf. T such that
 $T(\mathcal{O}) \cong \mathcal{O}$

- $f_{\mathcal{O}}$ es una transformación no trivial que preserva la forma de un objeto.

Análisis de Formas - Ejemplos



$$\mathcal{O} = (V, E)$$

$$f_{\mathcal{O}}: V \rightarrow \mathbb{R}^n$$

- $f_{\mathcal{O}}$ asigna un vector n-dimensional a cada vértice que describe la geometría local

Análisis de Formas - Ejemplos

$$O = (V_O, E_O)$$



$$P = (V_P, E_P)$$



Similitud

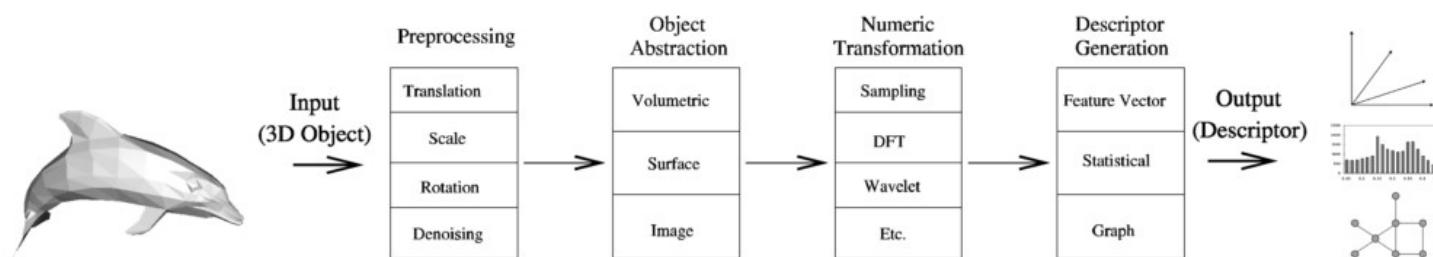
$$f : U \times U \rightarrow R$$

- f asocia un nivel de similitud entre objetos

Descriptores para Similitud Global

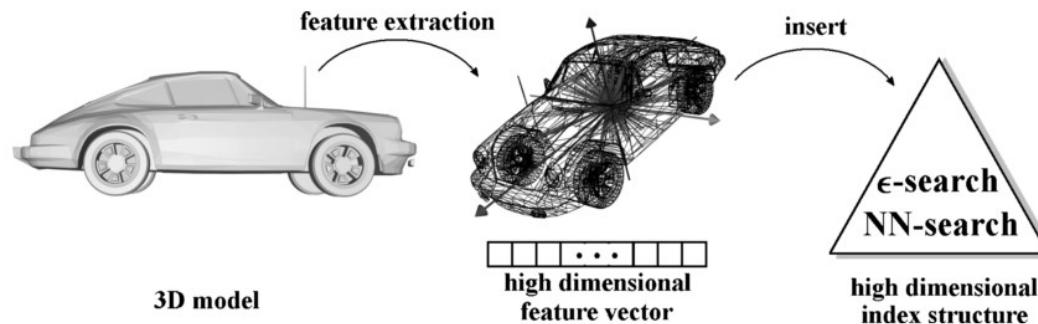
Descripción global

- El enfoque global: Transformar un objeto 3D en una representación numérica/simbólica
 - Vectores característicos
 - Grafos
- Comparar dos objetos a través de sus representaciones



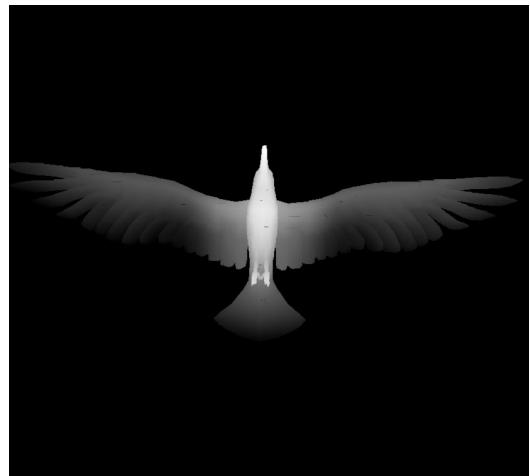
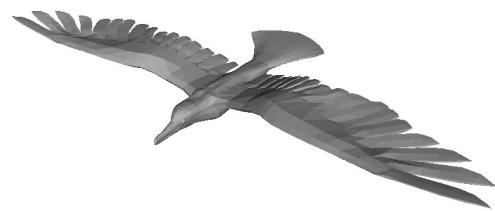
Descripción global

- El enfoque global: Transformar un objeto 3D en una representación numérica/simbólica
 - El enfoque de vectores característicos ha sido estudiado ampliamente
 - Es posible construir sistemas escalables



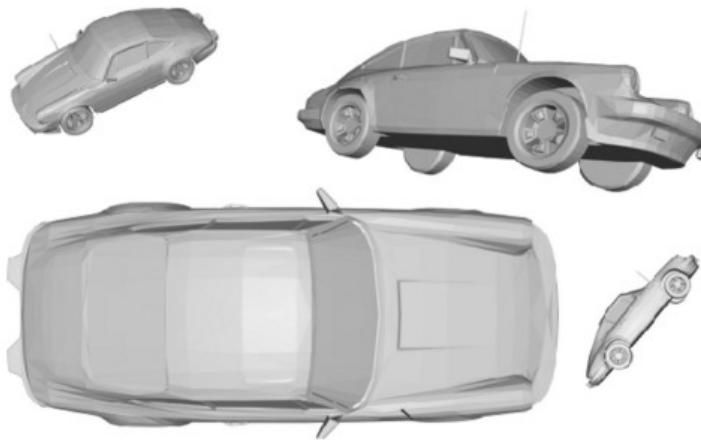
El descriptor Depth-Buffer

- Descriptor basado en imágenes
 - Convertir un objeto 3D en un conjunto de imágenes
 - Extraer información numérica desde las imágenes
- Problema: Las imágenes difieren si la pose del objeto cambia
 - Solución: normalización de pose



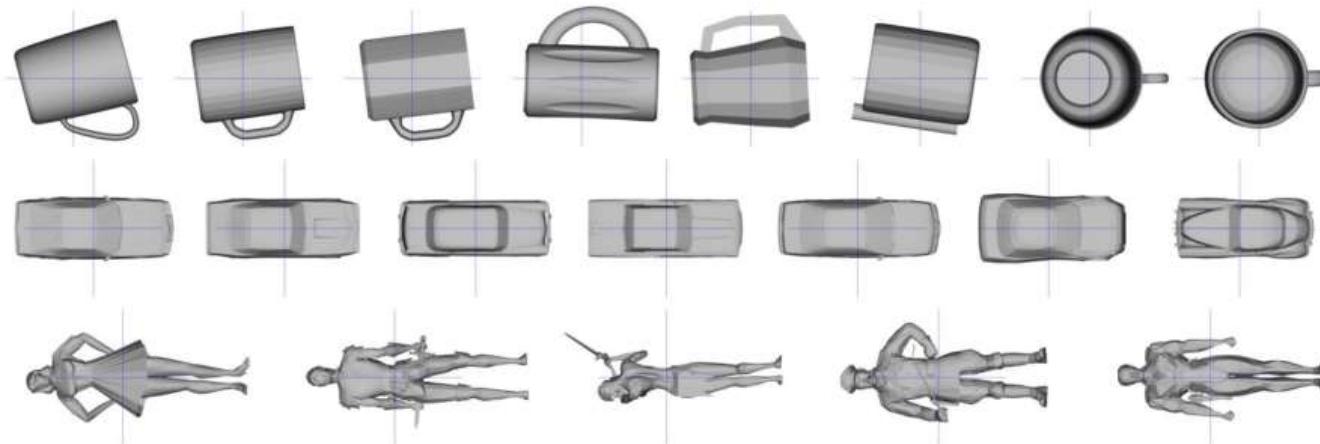
Descriptor Depth-Buffer

- Normalización de pose
 - Trasladar el centro de masa del objeto al origen de coordenadas
 - Rotar de acuerdo a la más grande distribución de la superficie (PCA)
 - Escalar a tamaño estándar



Descriptor Depth-Buffer

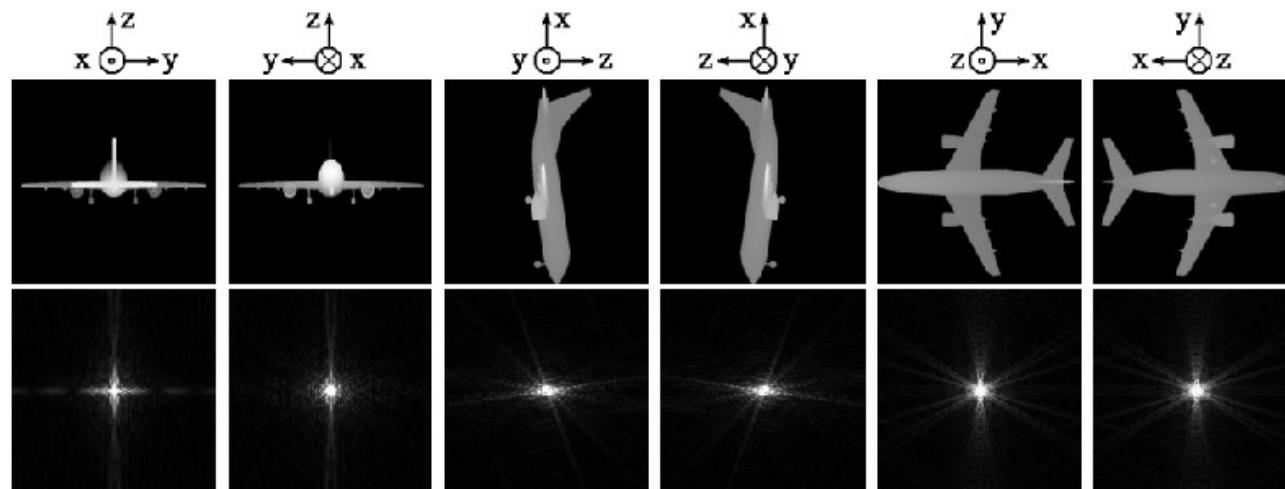
- Normalización de pose
 - Funciona para clases con baja variabilidad intra-clase



Descriptor Depth-Buffer

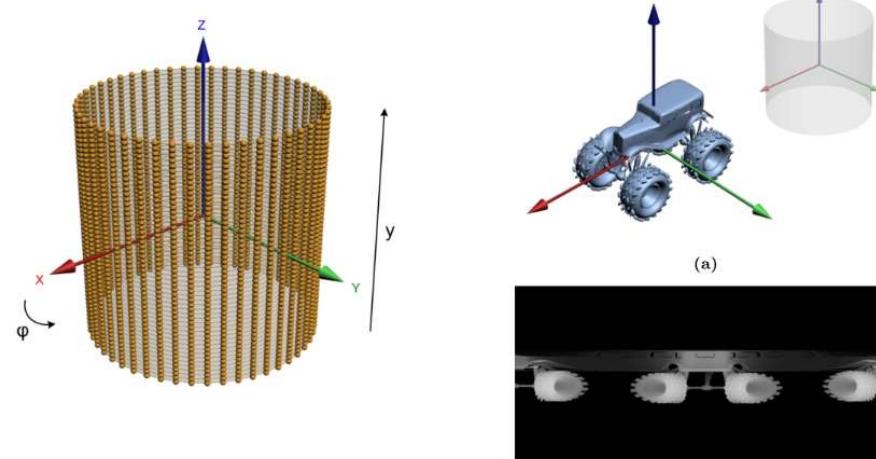
- Para cada proyección, aplicar la transformada de Fourier

$$\hat{f}_{pq} = \frac{1}{\sqrt{MN}} \sum_{a=0}^{M-1} \sum_{b=0}^{N-1} f_{ab} \exp(-j2\pi(pa/M + qb/N))$$



Descriptor PANORAMA

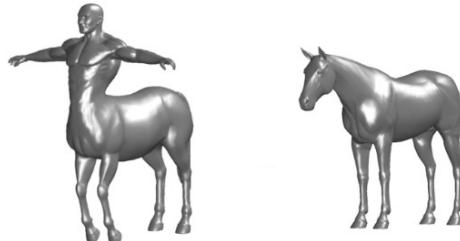
- Descriptor basado en imágenes (requiere normalización de pose)
- En vez de usar proyecciones rectangulares, usa proyección cilíndrica
- Coeficientes de Fourier y Wavelet



Descriptores para Similitud Parcial

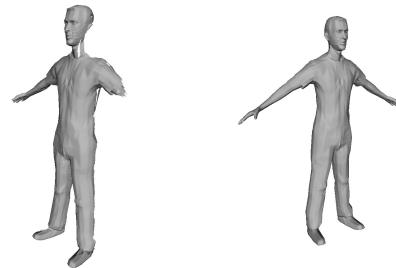
Qué es similitud parcial?

Primer caso



- Objetos con partes similares
- Extensión de las partes similares no se conoce a priori

Segundo caso

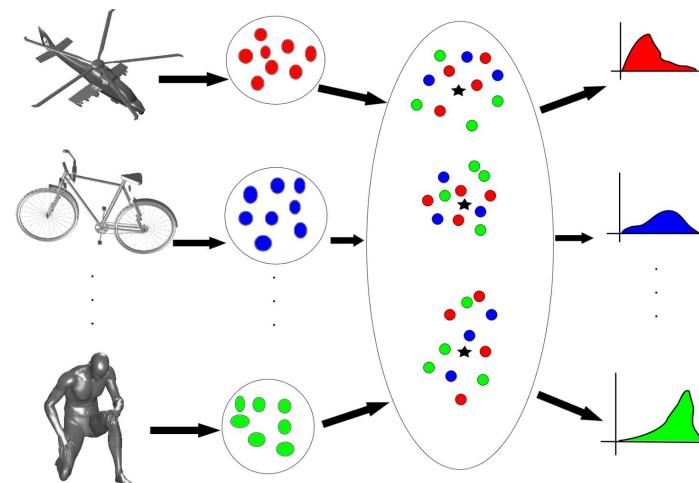


- Consulta es una vista
- Recuperar objetos con vistas similares
- Común con uso de escáneres

Información local es mayor que información global para caracterizar porciones de una forma. Por lo tanto, se requiere un análisis local de la geometría.

Enfoque común: Bag of features

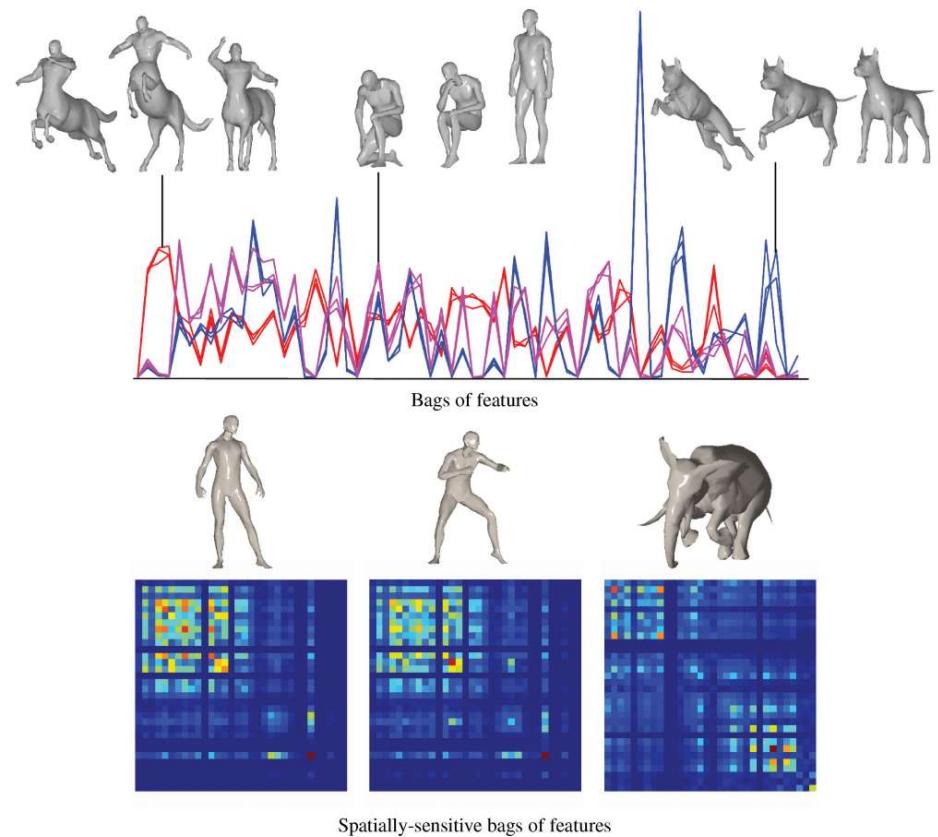
- Tomado de la recuperación de texto
- Documentos son organizados como una bolsa de palabras



- Distribución de descriptores locales en espacio característico puede revelar estructuras locales útiles para la recuperación.

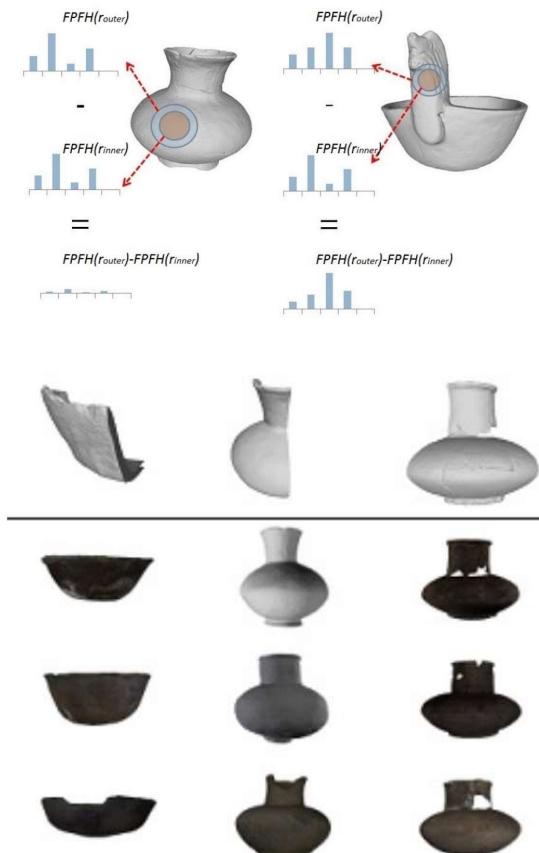
Ejemplo

- Shape Google
 - Uso de Heat Kernel Signatures
 - BoF sensitivo espacialmente
 - Vectores cuantizados → códigos binarios



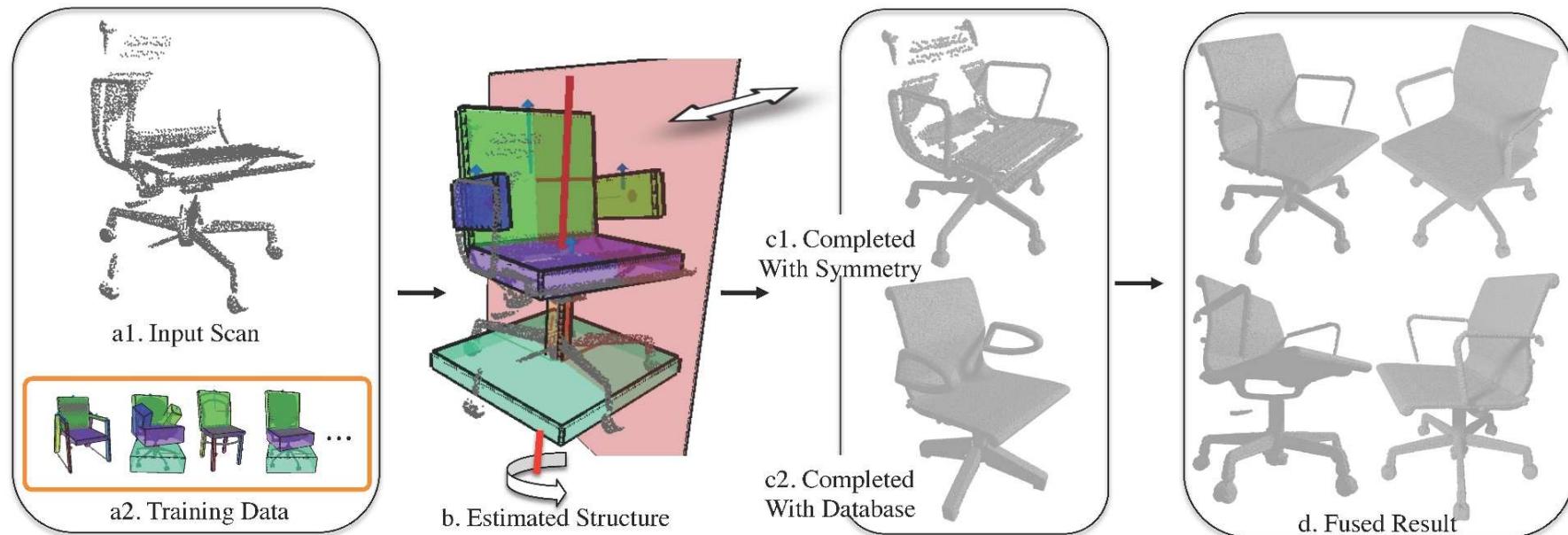
Ejemplo

- Descriptores locales y vectores Fisher
 - Descriptor diferencial FPFH
 - Encoding Fisher es una generalización de la cuantización de vectores usados en BoF



Descriptores locales para detección de simetrías

Estructura y Regularidad

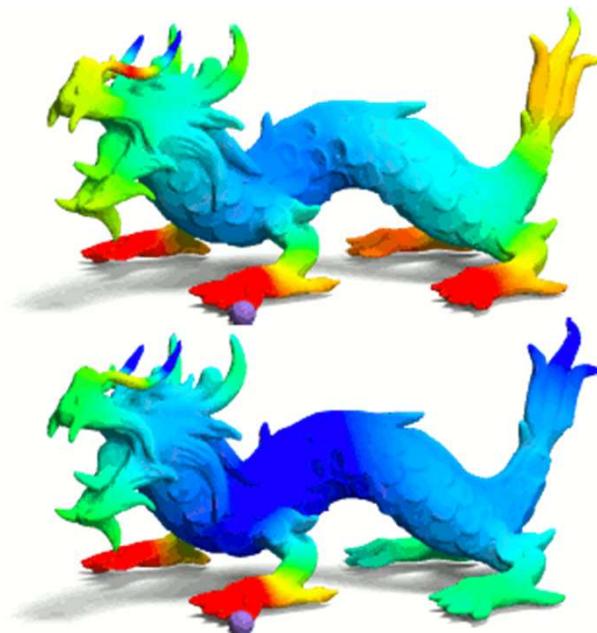


Teoría de difusión del calor

- Propagación del calor en superficies con fuentes de calor puntuales

Sea M un Manifold Riemanniano posiblemente con frontera. El proceso de difusión del calor sobre M está gobernado por la ecuación de calor

$$\Delta_M u(x, t) = -\frac{\partial u(x, t)}{\partial t}$$



Sun, Ovsjanikov and Guibas: "A Concise and Provably Informative Multi-scale Signature Based on Heat Diffusion", Computer Graphics Forum, Vol 28(11):1383-1392. **2009**.
Sipiran, Lokoc, Bustos, Skopal: "Scalable 3D Shape Retrieval using Local Features and the Signature Quadratic Form Distance". The Visual Computer Journal, Vol 33(12):1571-1585. **2017**

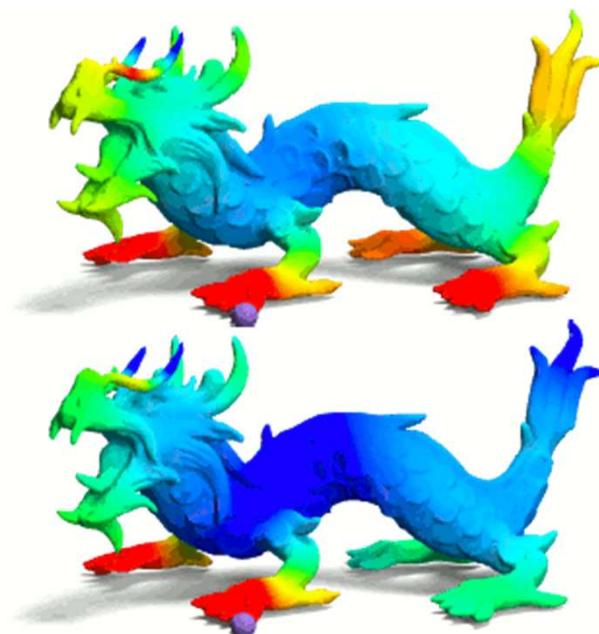
Teoría de difusión del calor

- Propagación del calor en superficies con fuentes de calor puntuales

El kernel de calor es la solución de la PDE anterior

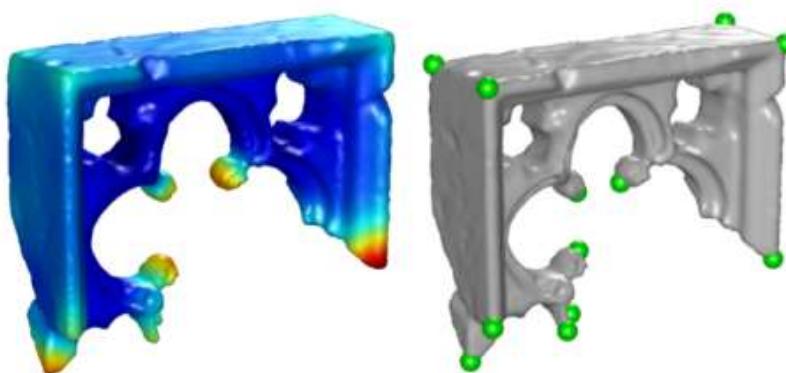
$$k_t(x, y) = \sum_{i=0}^{\infty} e^{-\lambda_i t} \phi_i(x) \phi_i(y)$$

Depende de los valores y vectores propios del operador Laplace-Beltrami



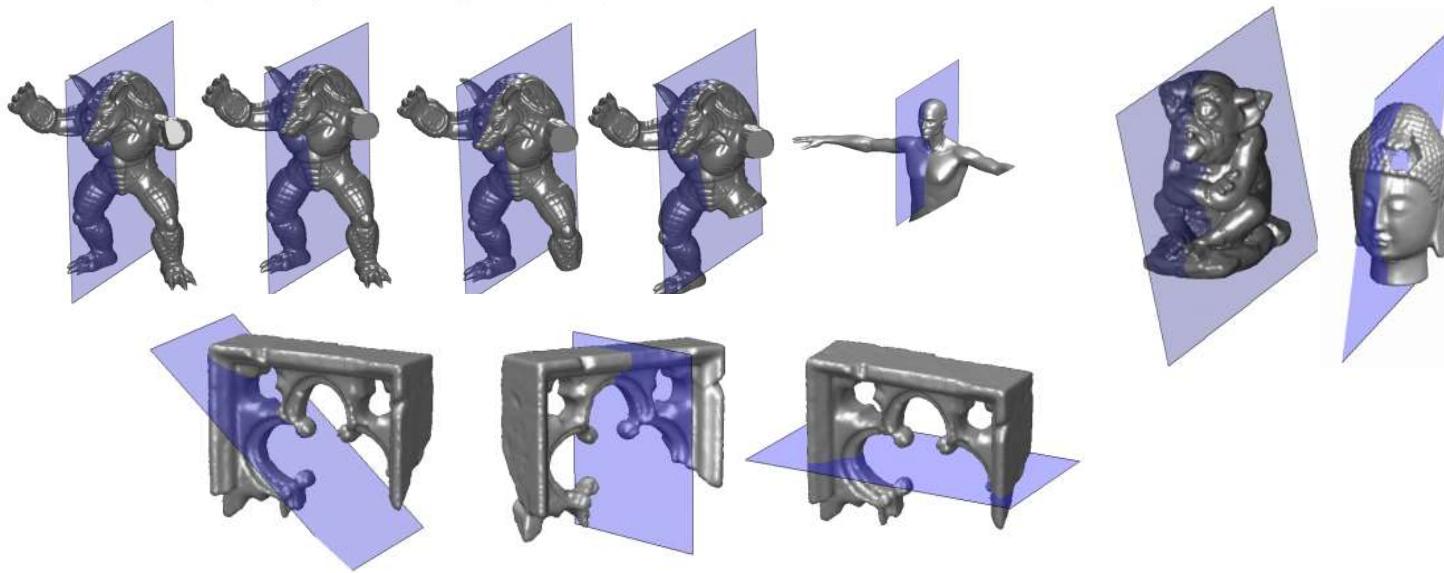
Detección de simetría

- Una variación de la solución de la ecuación de calor garantiza que puntos simétricos tengan caracterizaciones similares
- Detección de máximos locales
- Simetrías reflexivas como hipótesis

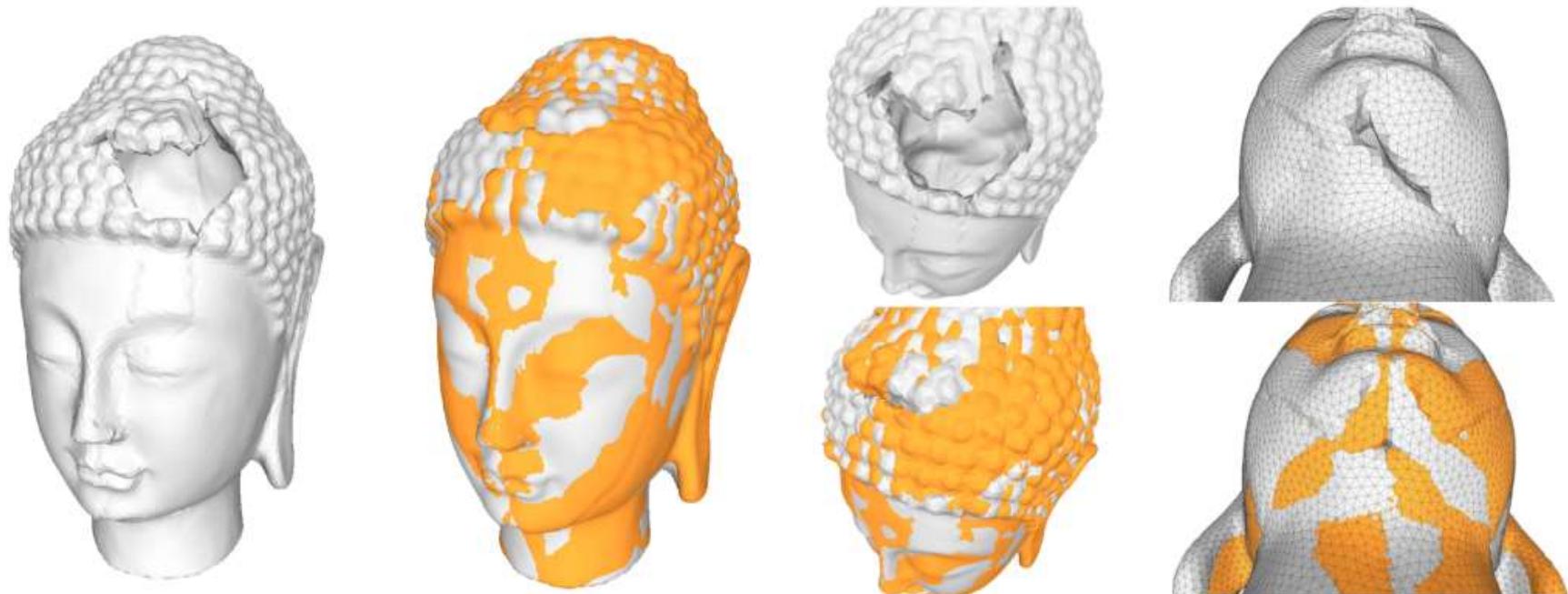


Sipiran, Gregor and Schreck. *Approximate Symmetry Detection in Partial 3D Meshes*. Computer Graphics Forum, 33(7):131-140. 2014.

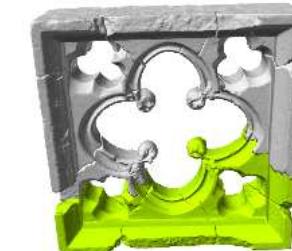
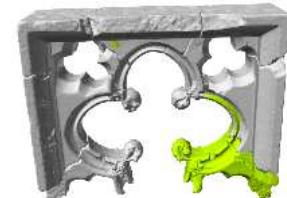
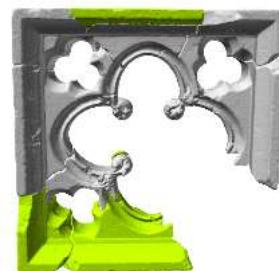
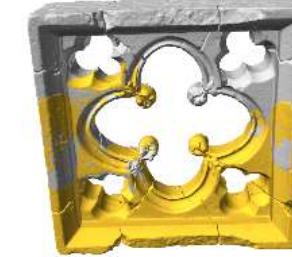
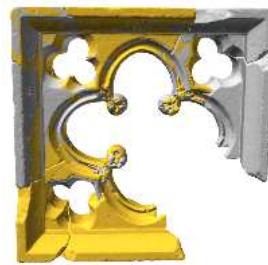
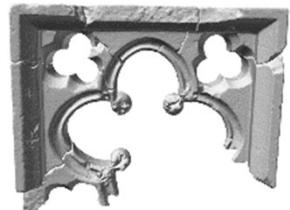
Simetría parcial



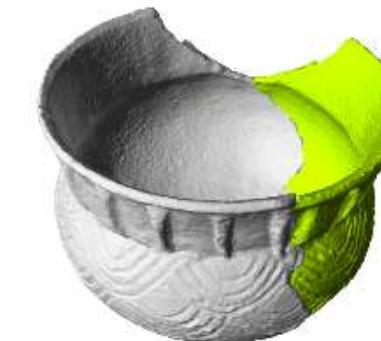
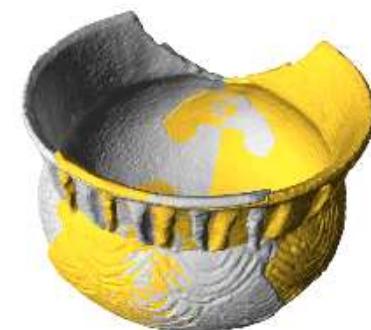
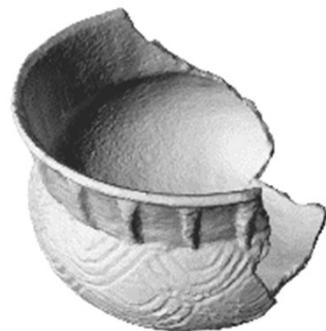
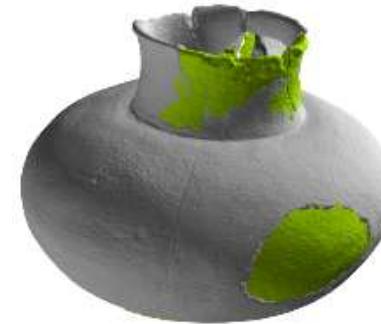
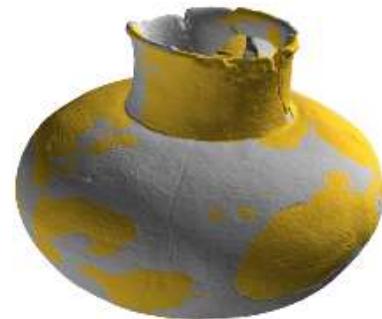
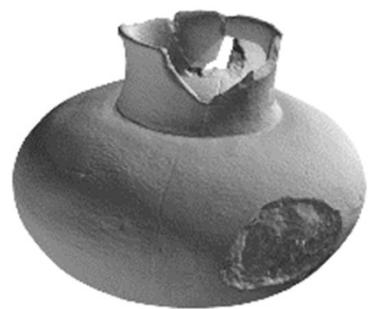
Simetría Parcial y Herencia Cultural



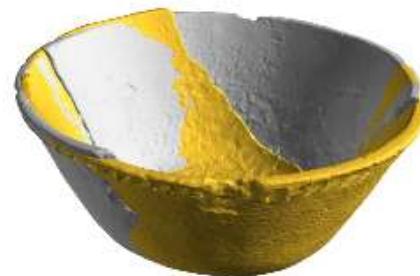
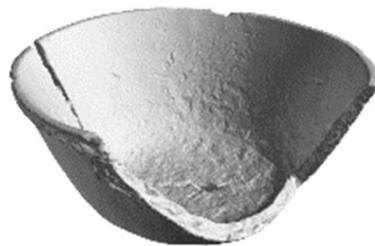
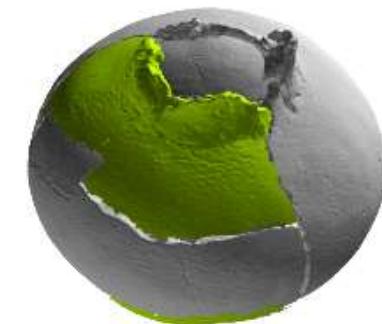
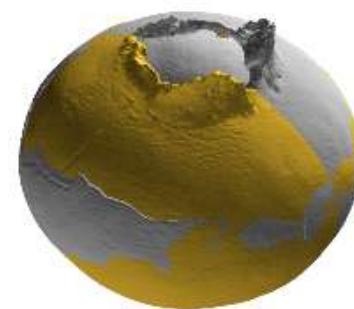
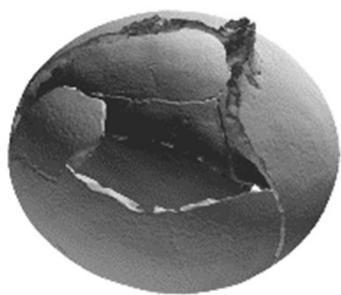
Simetría Parcial y Herencia Cultural



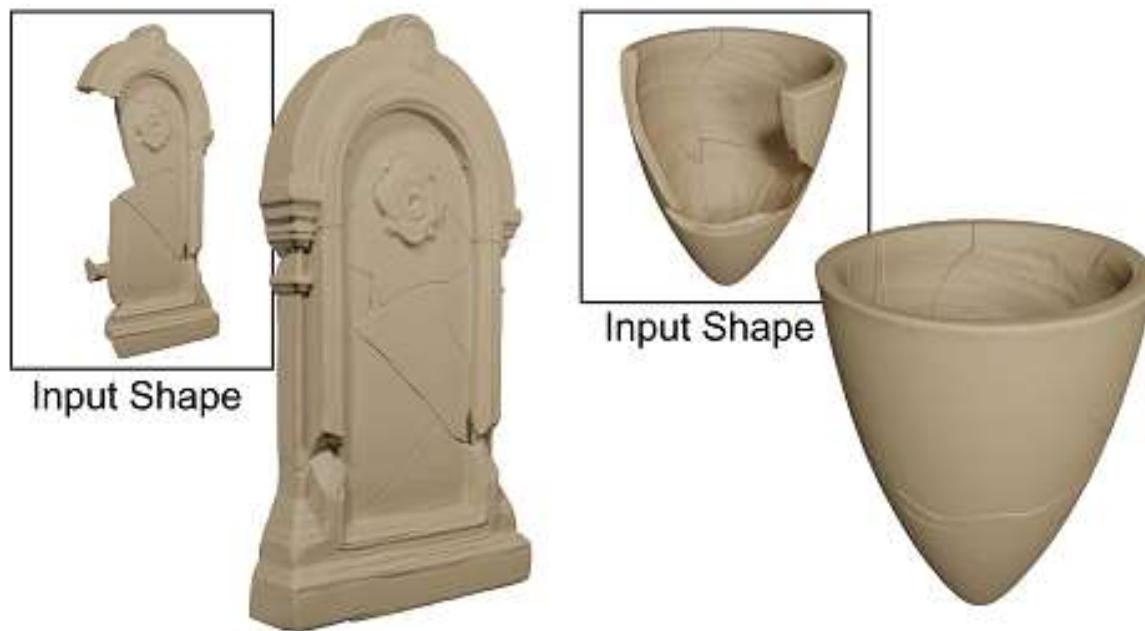
Simetría Parcial y Herencia Cultural



Simetría Parcial y Herencia Cultural



Simetría Parcial y Herencia Cultural

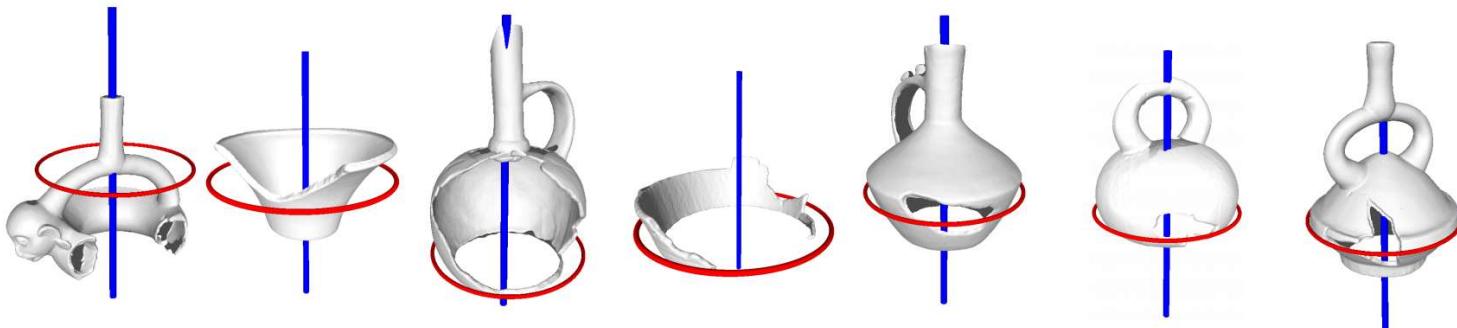


Mavridis, Sipiran, Andreadis, Papaioannou. *Object Completion using k-Sparse Optimization*. Computer Graphics Forum, 34(7). 2015.

Descriptores locales para detección de simetrías axiales

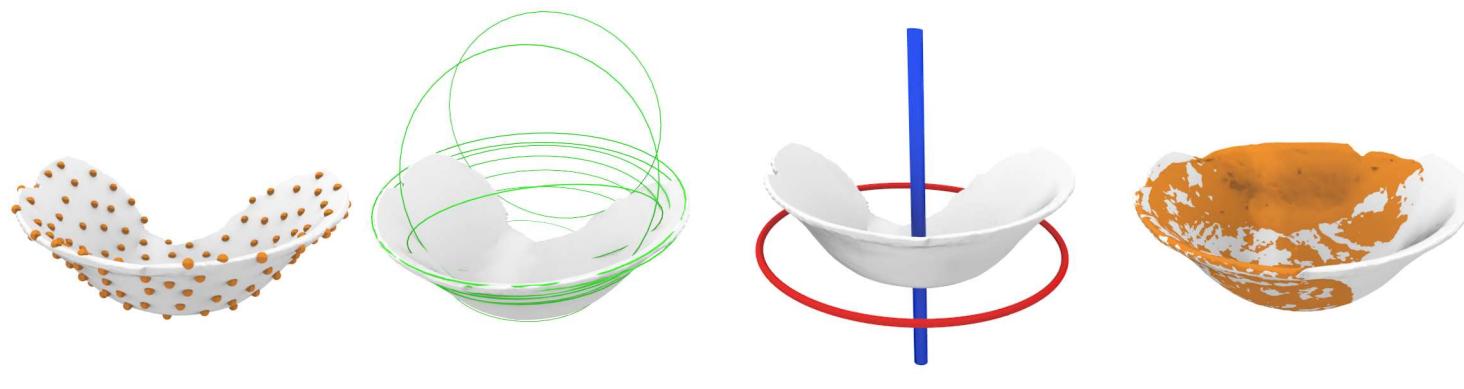
Objetivo

- Simetría axial es común en objetos de herencia cultural
- Síntesis de geometría faltante se obtiene por explorar la simetría axial
- Descriptores de difusión para encontrar evidencias de la simetría



Ivan Sipiran: “Analysis of Partial Axial Symmetry on 3D Surfaces and its Application in the Restoration of Cultural Heritage Objects”.
IEEE International Conference on Computer Vision – Workshops. (ICCVW), pp. 2925 – 2933. (2017).

Enfoque



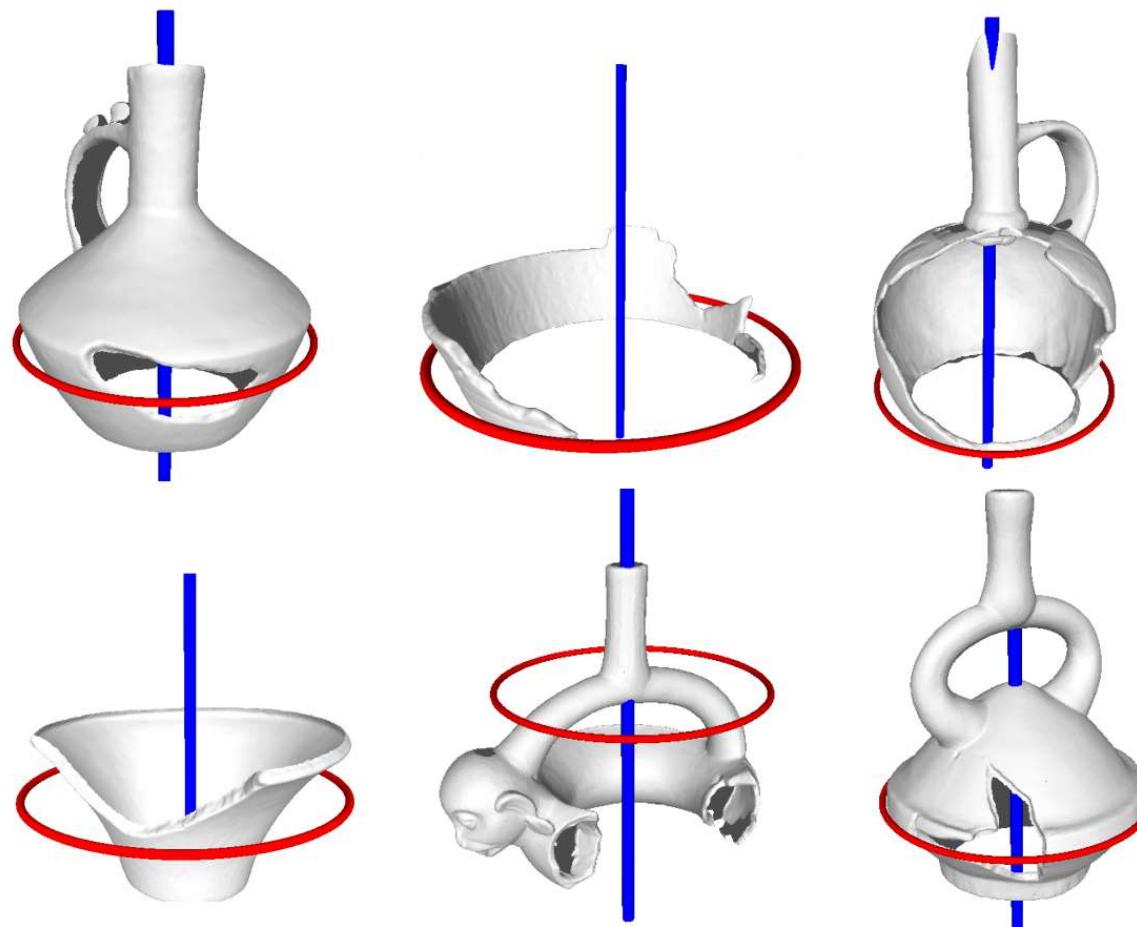
Sampling

Supporting circles

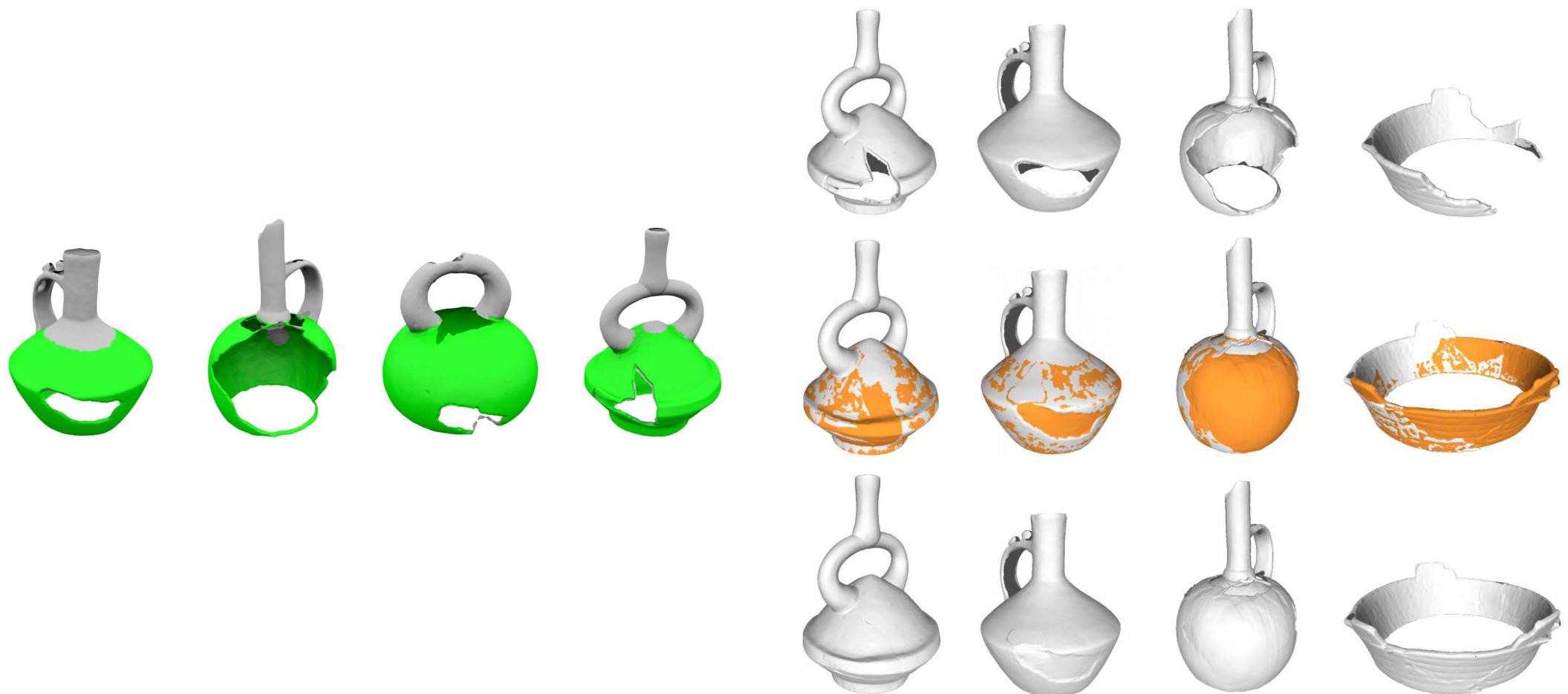
Axis detection

Completion

Resultados

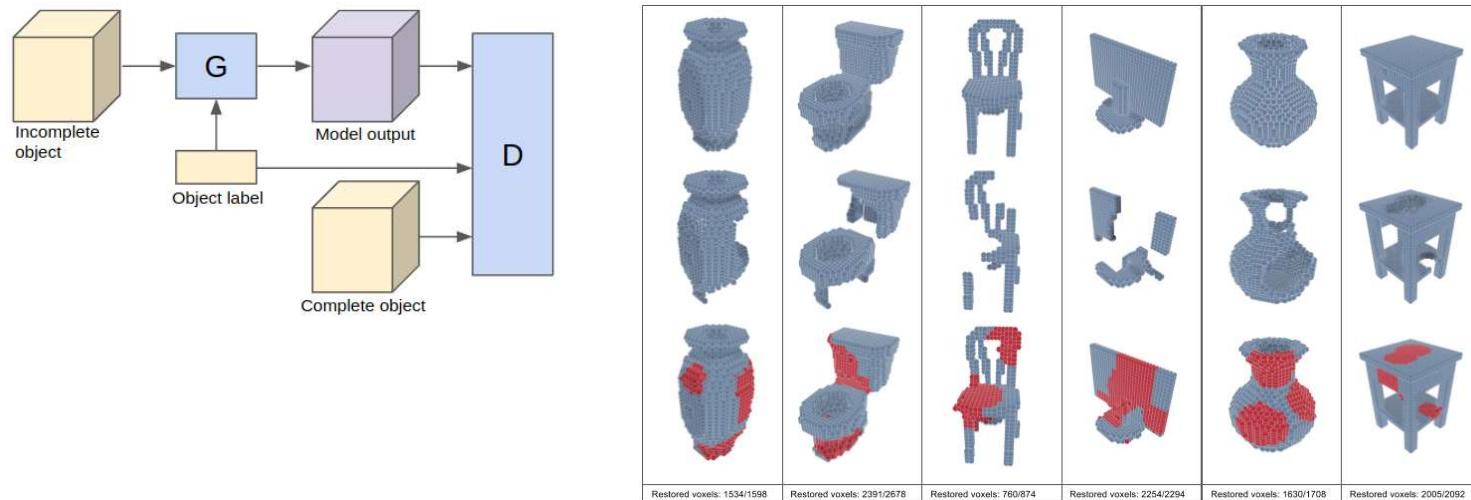


Resultados



Métodos data-driven

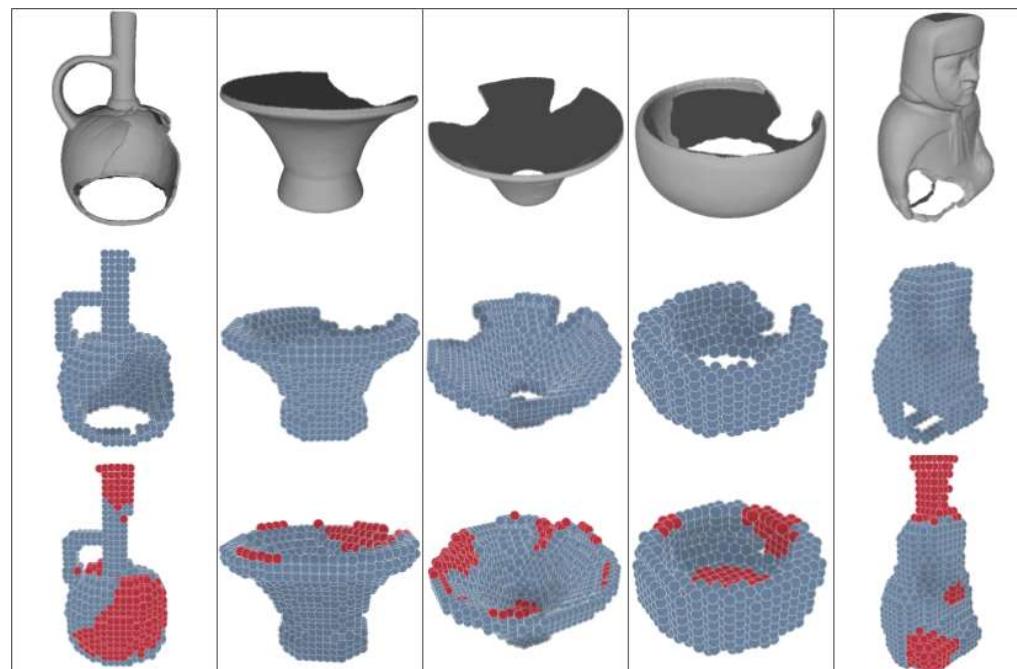
- Uso de Deep learning para completion



Hermosa, Sipiran: “A generative approach for structure learning in 3D objects”. Submitted.

Métodos data-driven

- Uso de Deep learning para completion



Hermosa, Sipiran: “A generative approach for structure learning in 3D objects”. Submitted.