

# Remeshing

Integrantes:

- Gonzalo Alonso Rodriguez Gutierrez
- Jean Pierre Gabriel Sotomayor Caverio
- Jose Leandro Machaca Soloaga



W  
O  
R  
K  
S

1. Definición

2. Implementación

a. *QEM*

b. *Voronoi*

3. Resultados

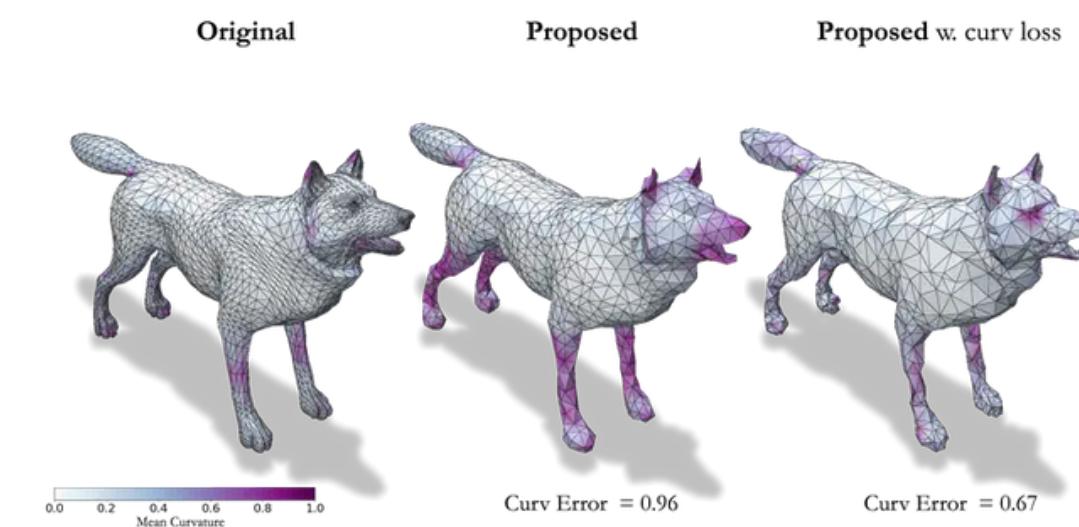
4. Aplicaciones

5. Demo



# Definición

Es una técnica en el procesamiento de mallas, cuyo objetivo principal es modificar o mejorar la estructura de una malla sin alterar significativamente su forma o características geométricas





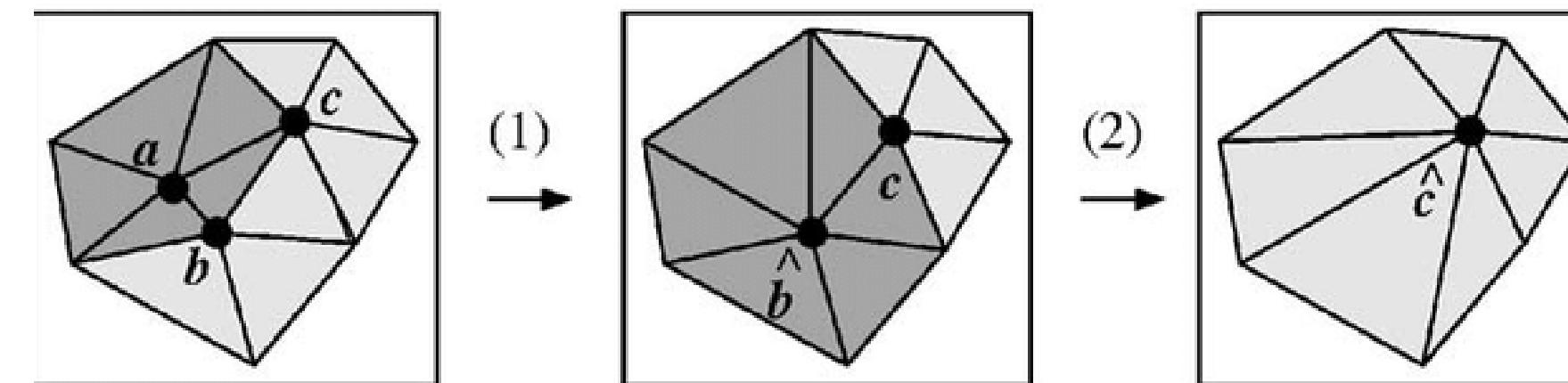
# Implementacion

- **QEM**
- **VORONOI**



# Modelo Quadric Errors

- Se basa en la simplificación de polígonos a partir de la contracción iterativa de pares de vértices.
- Para cada vertice, se calcula un error aproximado al ser contraído utilizando matrices quadric.





# Modelo Quadric Errors

## Calculo de costo

Para calcular el costo de una contracción entre dos vértices se necesita de sus matrices cuádricas y de la posición optima del vertice nuevo

Error de contracción

$$\mathbf{v}^T \mathbf{Q} \mathbf{v}$$



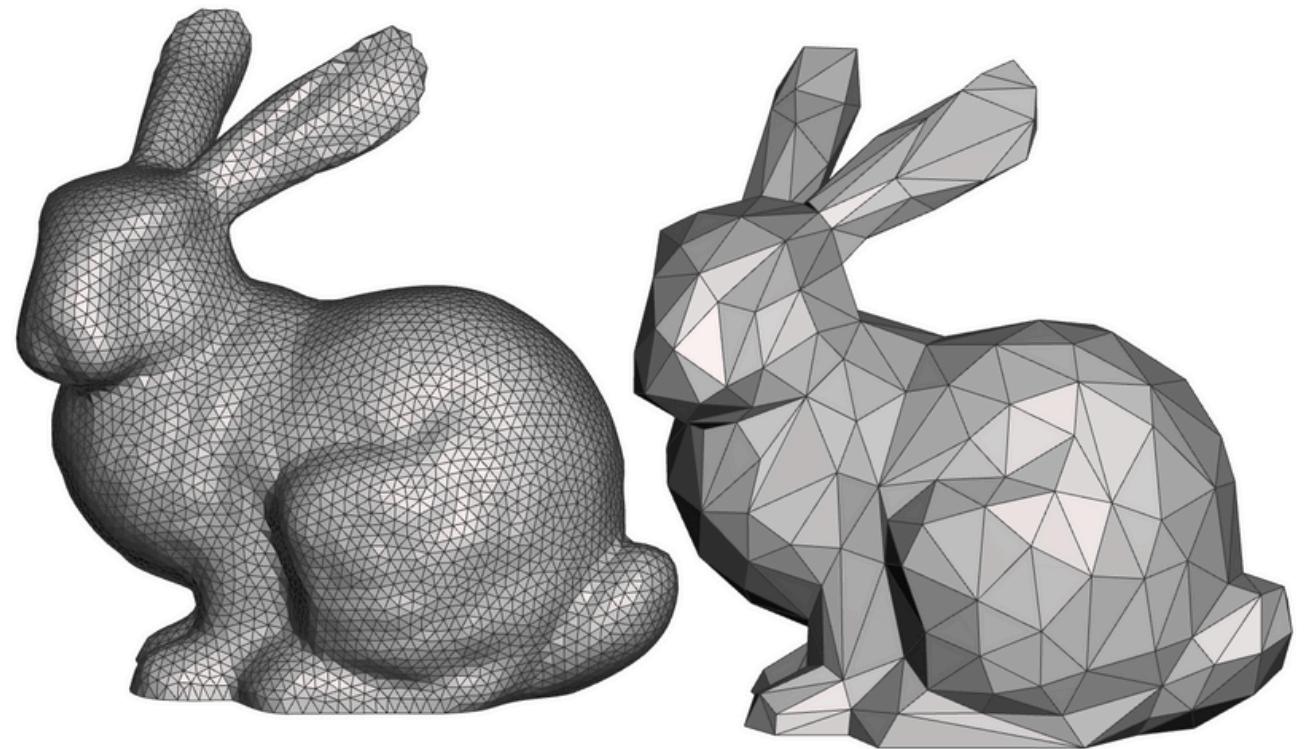
# Modelo Quadric Errors

## Algoritmo

Se calculan los costos iniciales de contracción para todas las aristas

De manera iterativa:

1. Se selecciona la arista con el menor costo y se calcula la posición óptima del nuevo vértice
2. Se eliminan los vértices contraídos de la malla
3. Se recalculan los errores de contracción para los vértices conectados al nuevo vértice





# Voronoi

## MALLA HOMOGENEA

- Densidad constante
- Centroide geométrico como vértice representante

### ¿Donde se aplica?

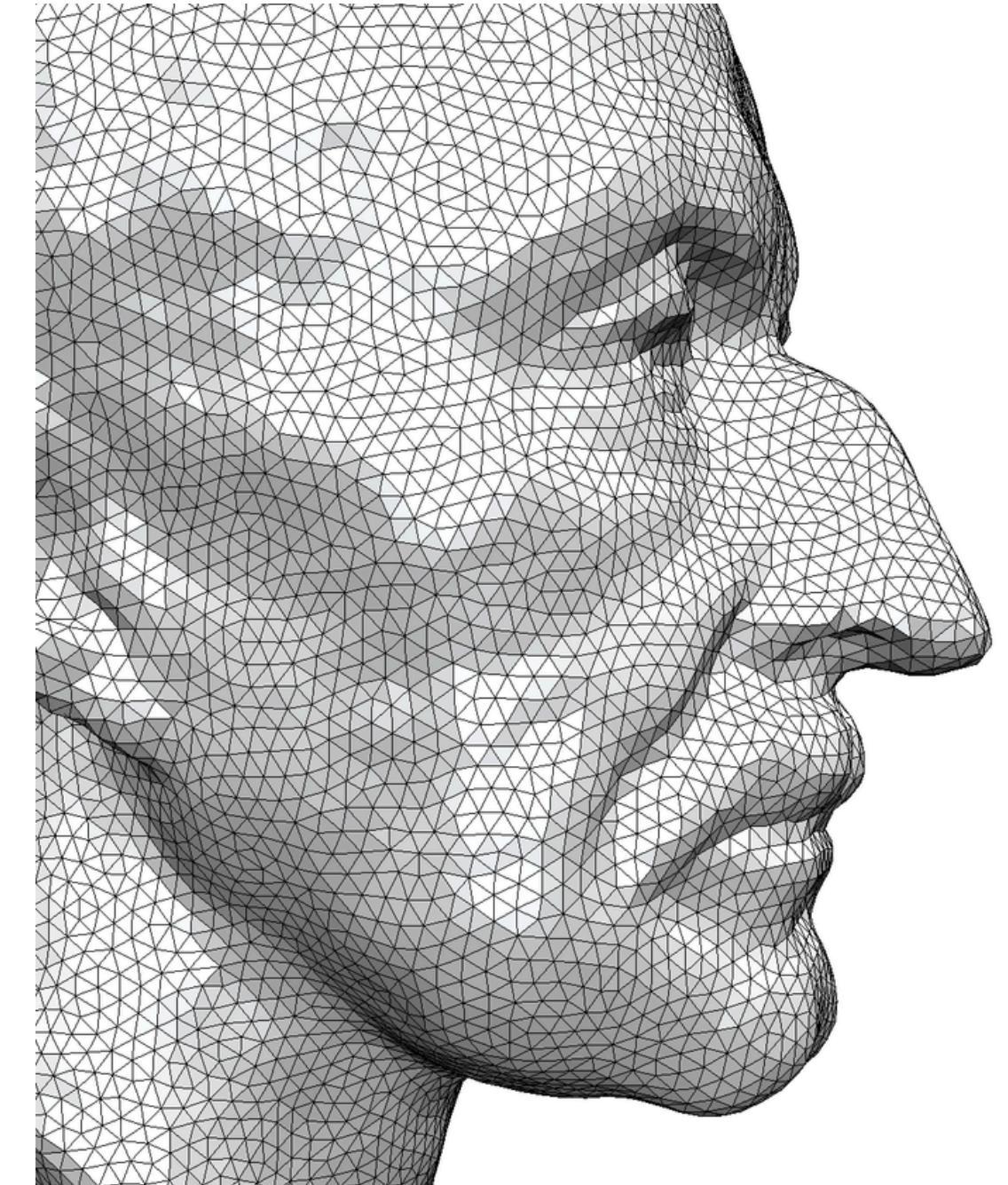
- LOD global
- Simulaciones FEM con paso fijo
- Bake de mapas de normales

### Ventajas

- Extremadamente rápida (< 0.2 s/1k clusters)

### Limitaciones

- Pierde detalle en zonas muy curvas





# Voronoi

## MALLA SENSIBLE A CURVATURA

- Más vértices en zonas de alta H
- Probabilidad  $\propto$  curvatura

### ¿Donde se aplica?

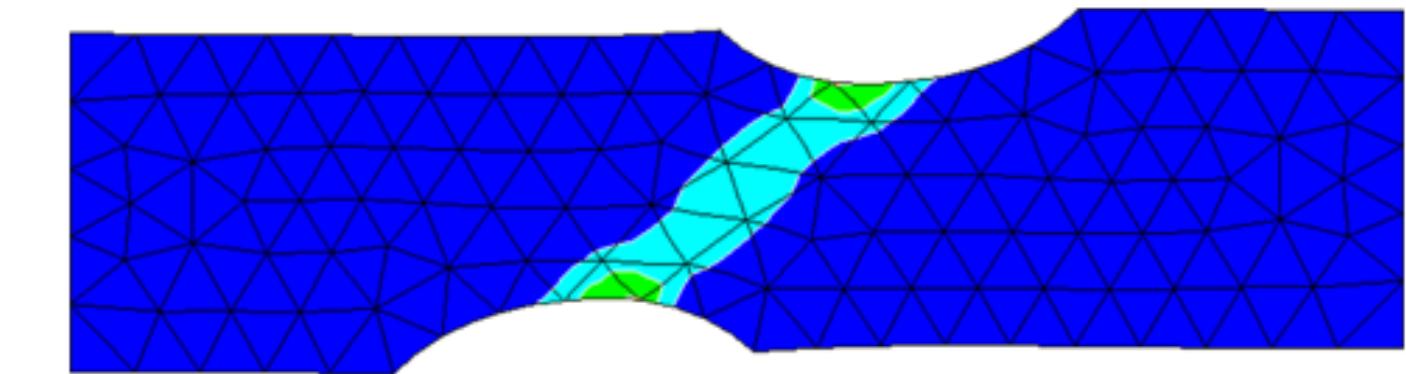
- Escultura digital
- Modelos orgánicos (caras, criaturas)
- Optimización de assets móviles

### Ventajas

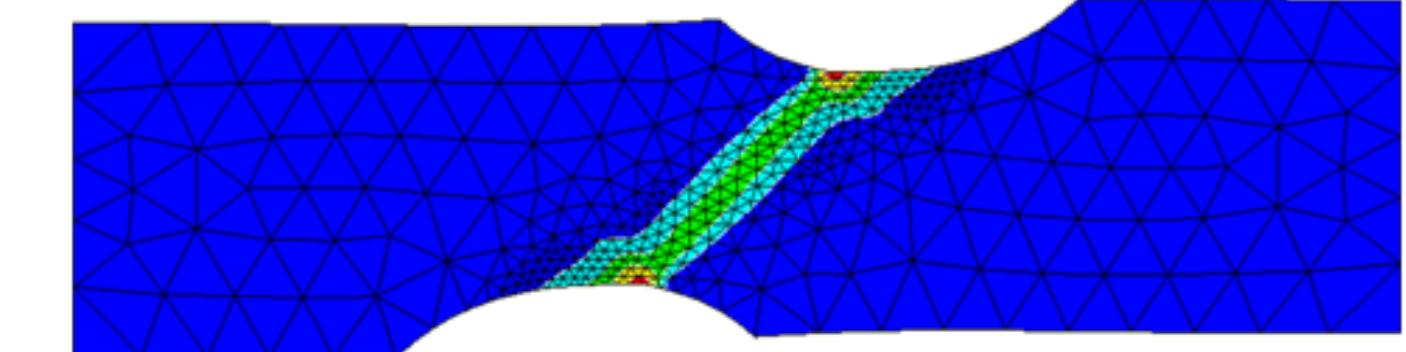
- Conserva detalles finos con pocos polígonos

### Limitaciones

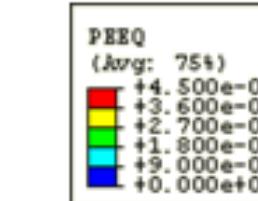
- Distribución aún isotrópica dentro de zonas planas



original mesh



adapted mesh





# Voronoi

## MALLA TENSORIAL

- Alinea triángulos con direcciones principales
- Centro via tensor KKK

### ¿Donde se aplica?

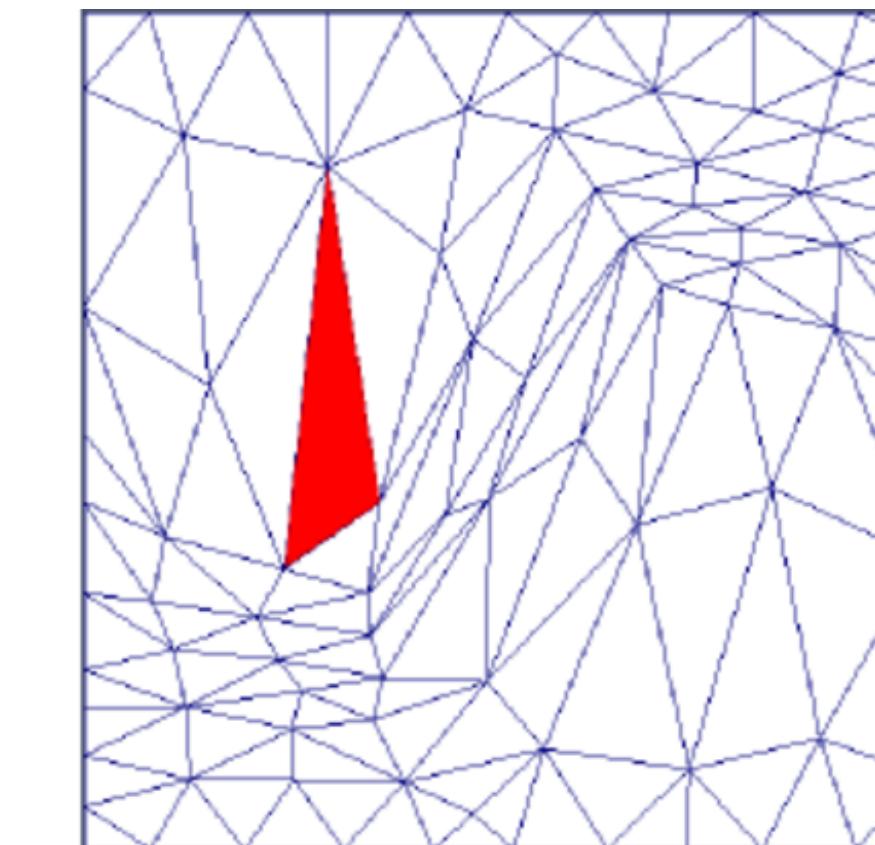
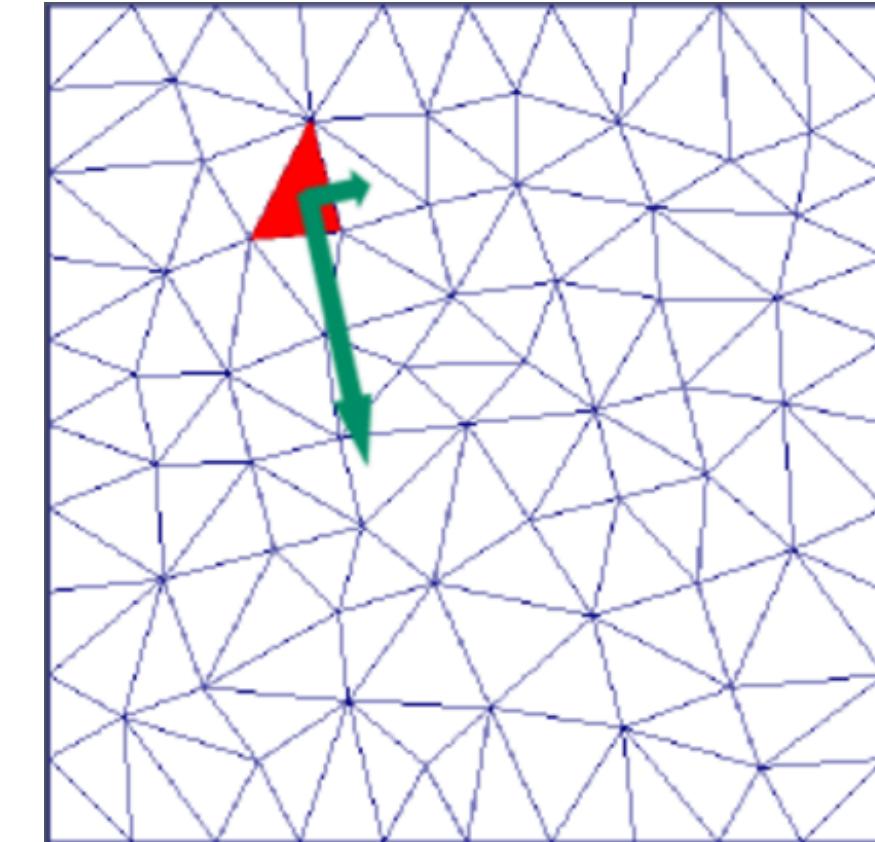
- Fibras, pelo, tejido
- Texturas direccionales
- Preparar mallas para anisotropic shading

### Ventajas

- Alinea triángulos con direcciones principales

### Limitaciones

- Coste algo mayor (matriz  $3 \times 3$  por clúster)





# Voronoi

## MALLA CUADRÁTICA - TENSORIAL

- Combina alineación KKK + QEM
- Mínimo error RMS

### ¿Donde se aplica?

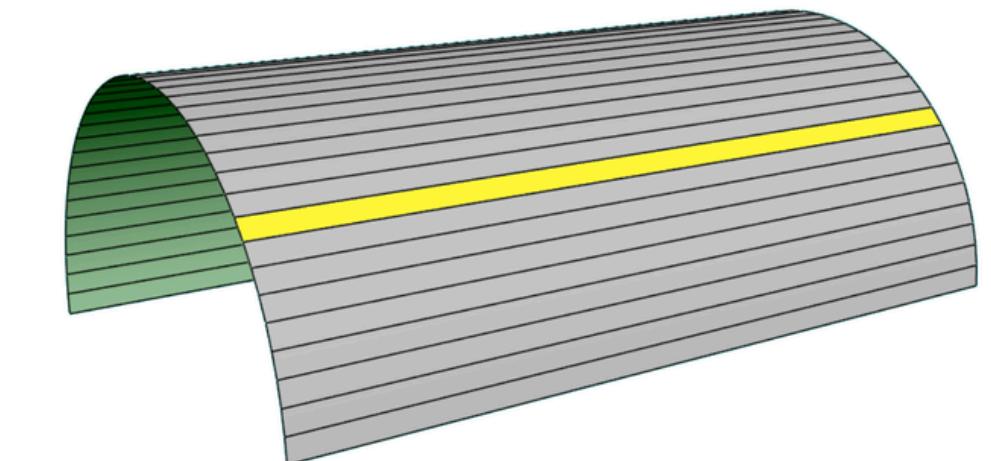
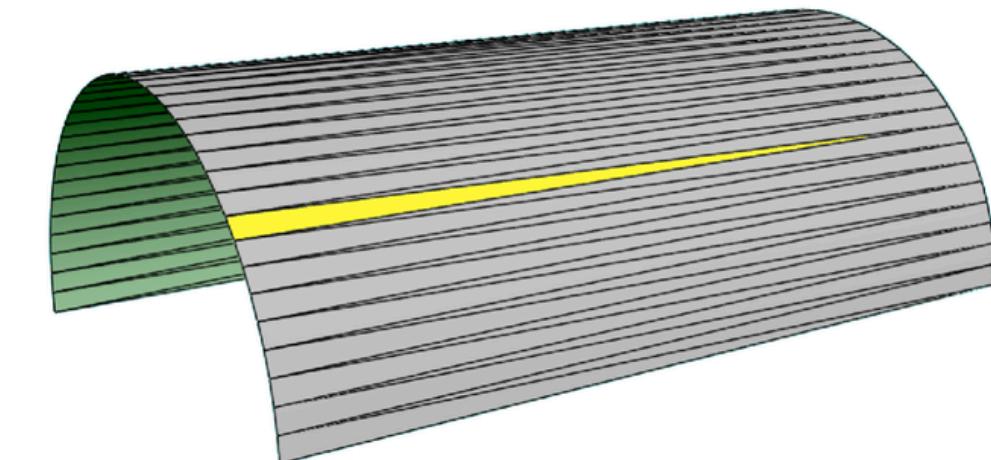
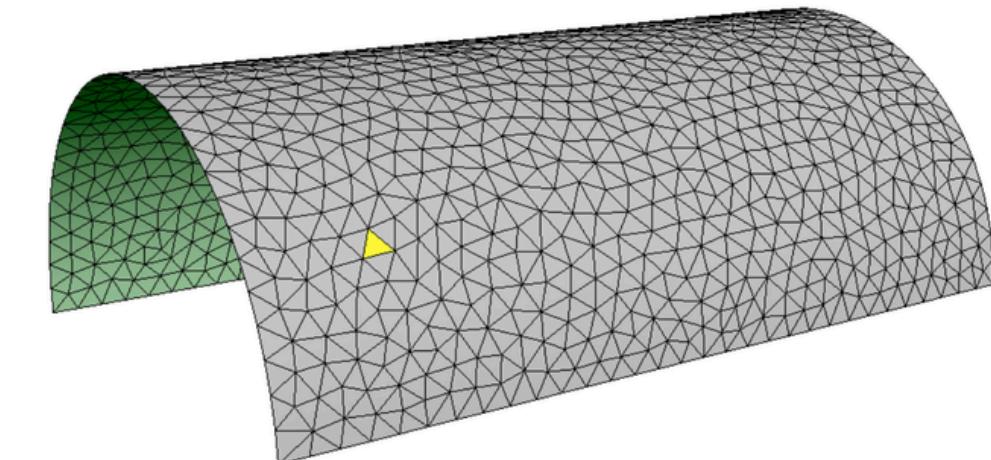
- Compresión de modelos AAA
- Escenarios de RV/AR donde se exige bajo error
- Impresión 3D de precisión

### Ventajas

- Menor RMS error de las cuatro variantes
- Mantiene alineación direccional

### Limitaciones

- Más cómputo ( $\sim 1.2 \times$  tensorial)





# Resultados

- **QEM**
- **VORONOI**



# Modelos candidatos



- **49,990 vértices**
- **99,976 caras**

- **49,987 vértices**
- **99,970 caras**

- **125,066 vértices**
- **249,882 caras**



# Resultados – Quadric Error Simplification

## ¿Cómo funciona QEM?

- Método basado en colapsos de vértices con matrices de error cuadrático Q
- Elige la posición óptima del nuevo vértice que minimiza la distorsión
- Esto permite una simplificación rápida y estructurada, enfocada en minimizar distorsión.

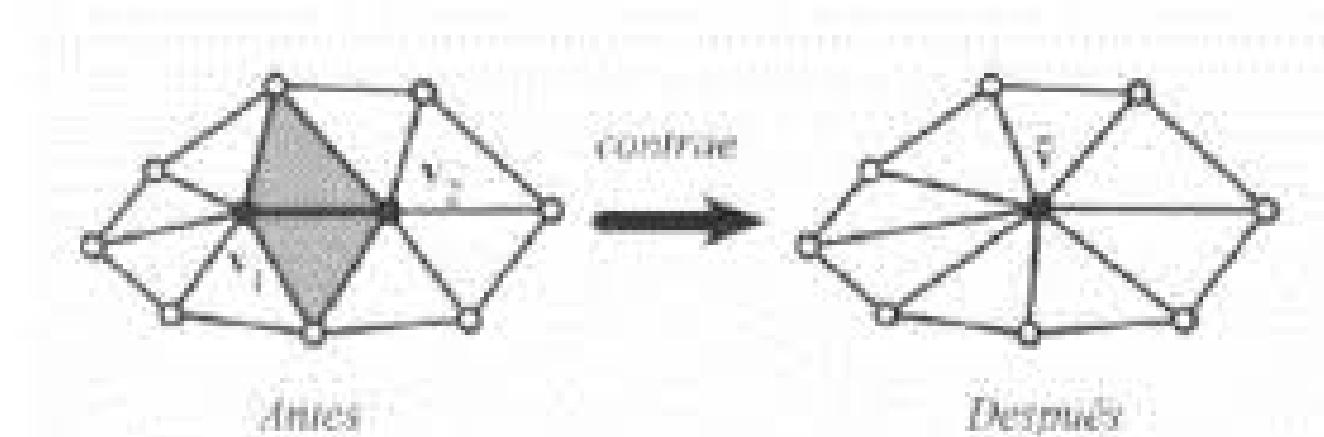
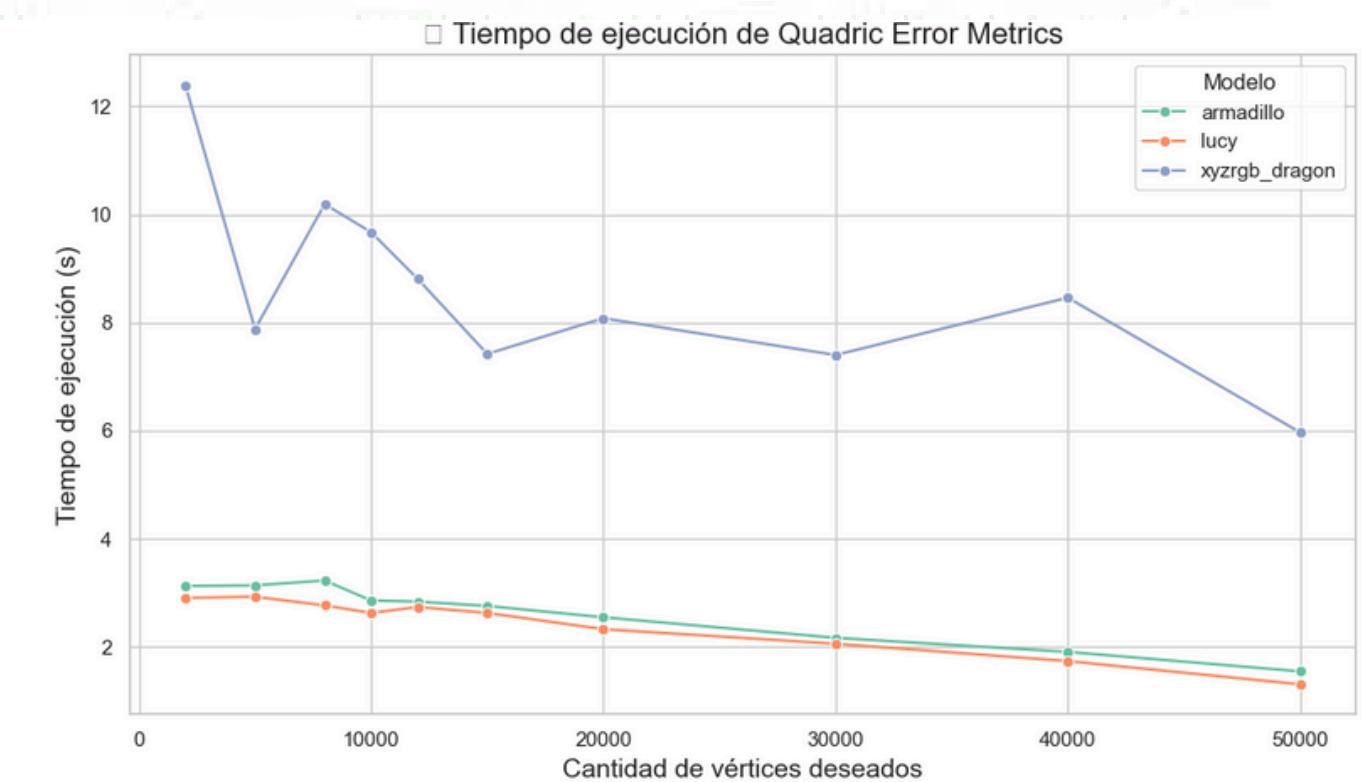


Figura 1: Contracción de aristas.

## Rendimiento Temporal

- Algoritmo eficiente basado en colapsos de aristas y heaps.
- Tiempo de ejecución bajo: < 4 segundos incluso en modelos grandes.
- Escalabilidad cercana a  $O(n \log n)$





# Calidad Geométrica

: 49,990 vértices  
99,976 caras



**10%**  
**4,999 vértices**



**20%**  
**9,998 vértices**



**30%**  
**14,997 vértices**



**50%**  
**24,995 vértices**

# Resultados – Voronoi

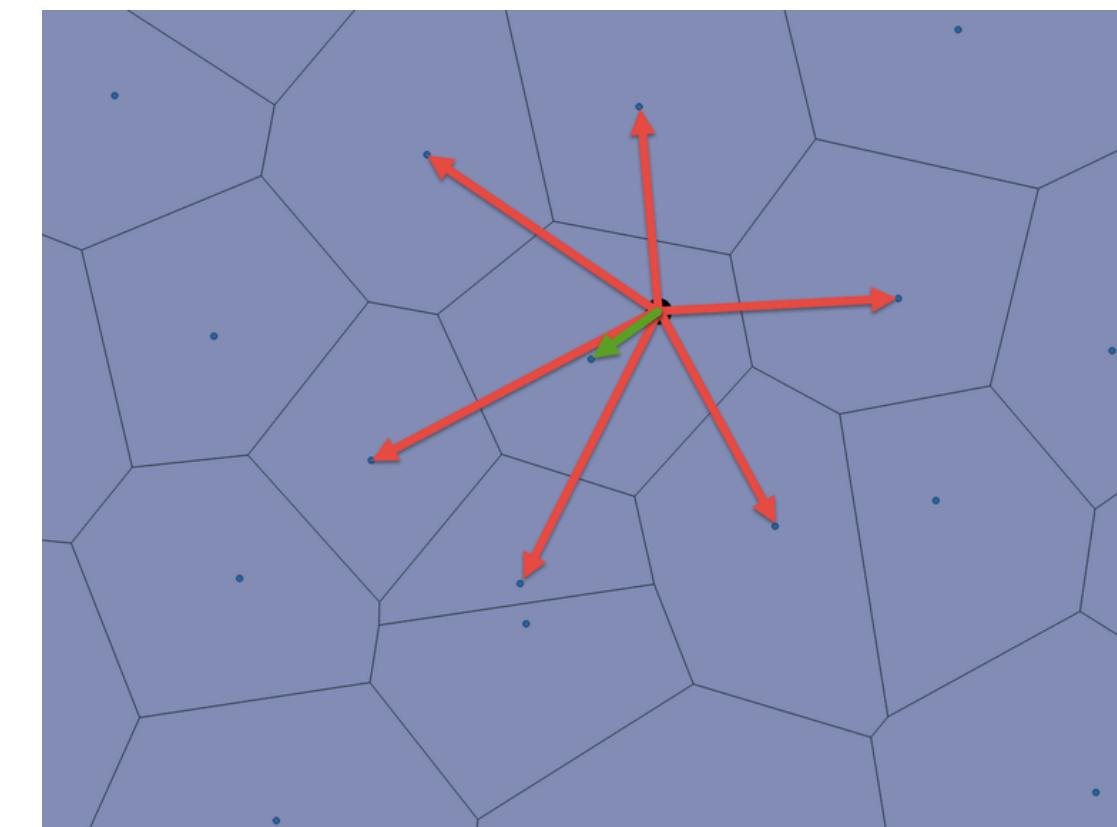


## ¿Cómo funciona Voronoi?

- Basado en Diagramas de Voronoi sobre superficies 3D con optimización iterativa.
- Redistribuye los vértices en lugar de colapsarlos.
- Adapta la posición de cada sitio Voronoi usando métricas geométricas.
- Se optimiza progresivamente mediante ciclos tipo Lloyd.
- Ofrece control de calidad y fidelidad a través de métricas adaptadas

El proceso se adapta según la métrica utilizada, lo cual define el comportamiento del algoritmo. En total, se analizaron cuatro variantes:

- Malla Homogénea: Densidad constante en toda la superficie.
- Malla Adaptive: Densidad variable según curvatura.
- Malla Tensorial: Alineación según curvaturas principales.
- Malla Cuádrica-Tensorial: combina tensorialidad con matrices de error QEM.



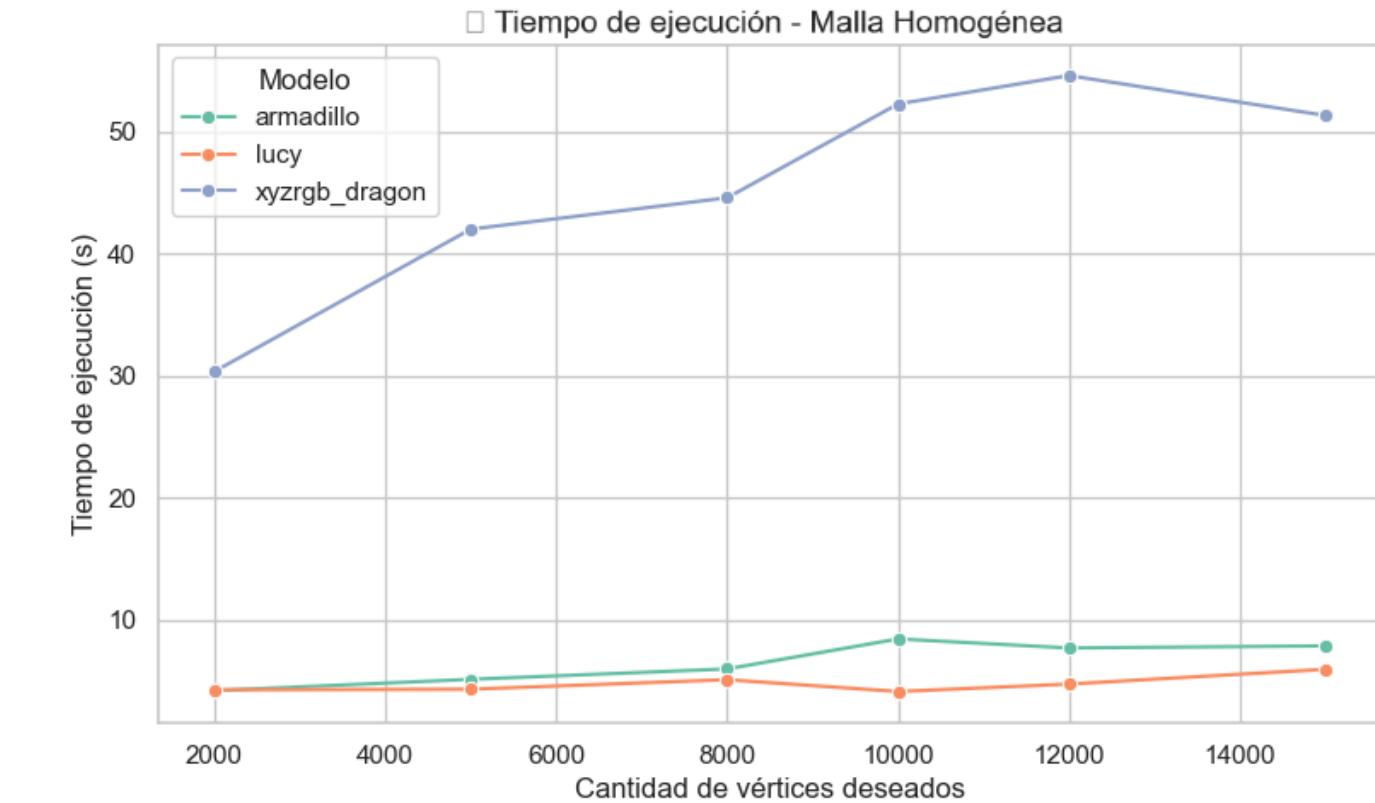
# Malla Homogénea



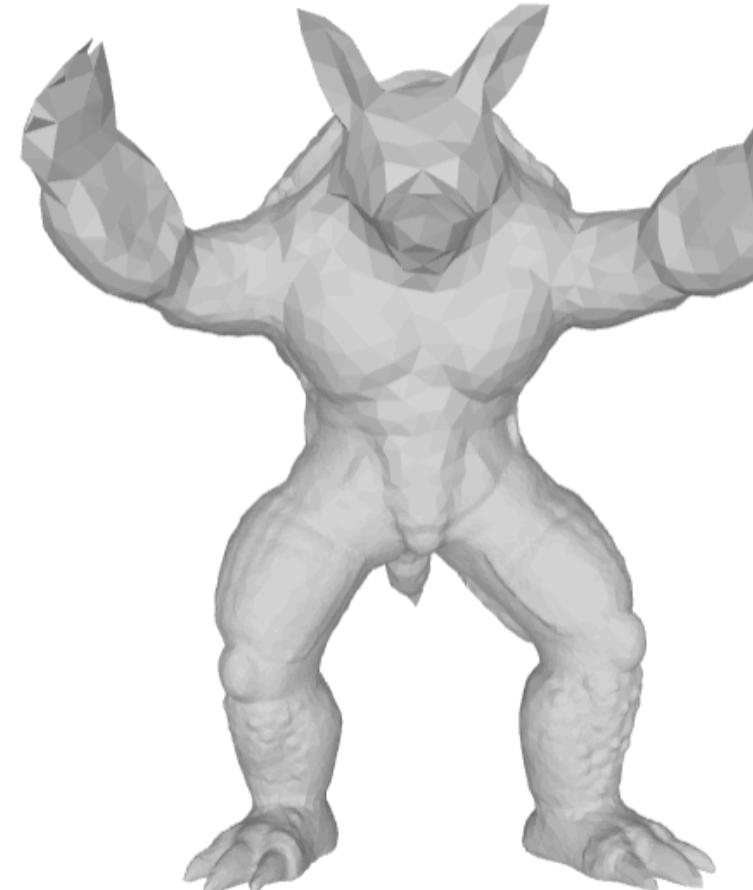
## ¿Cómo funciona?

Remallado uniforme sin adaptación. Surge por la necesidad de simplificaciones rápidas y eficientes en geometrías simples.

- Usa una métrica constante en toda la superficie.
- Tiempo de ejecución bajo: pocos segundos en modelos grandes.
- Ideal para remallado rápido sin adaptación.
- Diseñada para lograr una distribución regular sin importar la geometría.



**20%**  
**9,998 vértices**



Remallado uniforme sin adaptación a la curvatura.

# Malla Adaptive

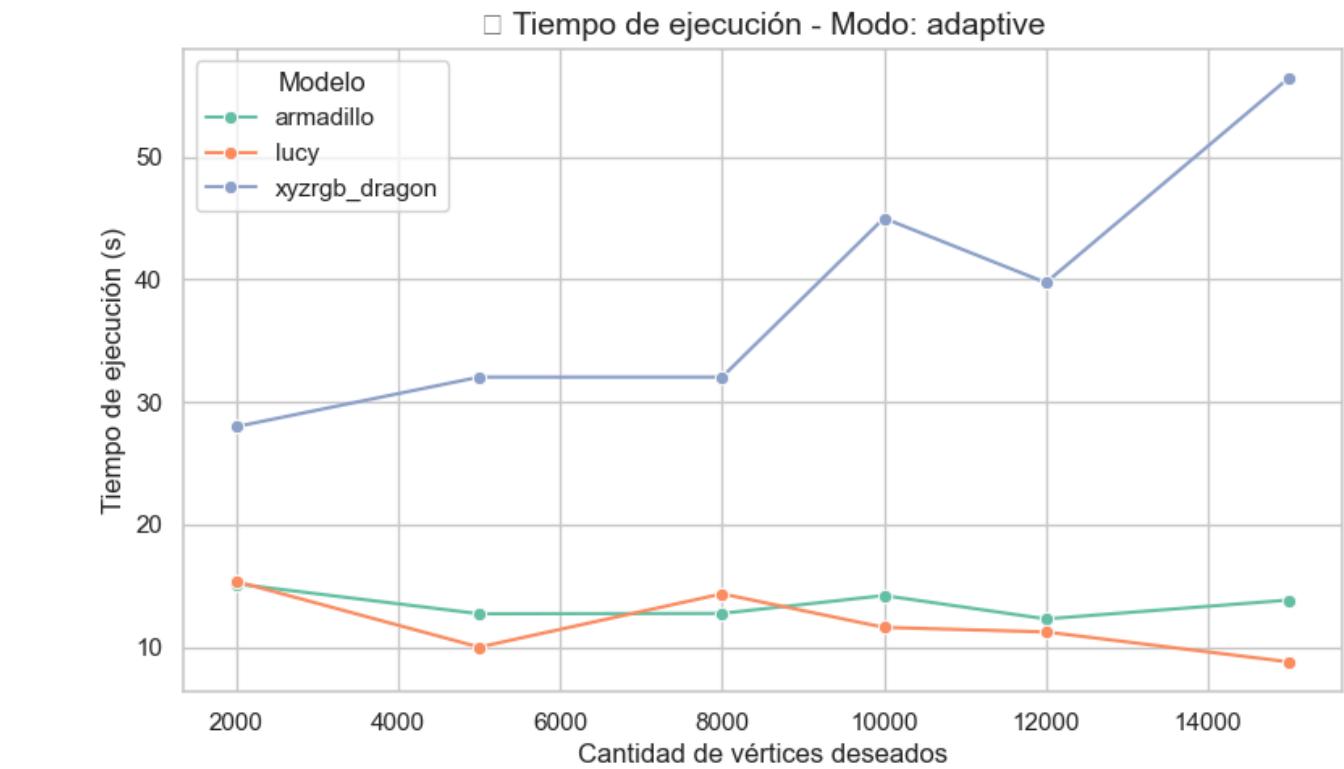


## ¿Cómo funciona?

Introduce curvatura para distribuir mejor los vértices. Nace para preservar detalles en zonas complejas sin aumentar el total de vértices.

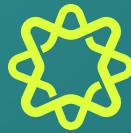
- Usa un campo de densidad basado en curvatura.
- Más costoso por cálculo de curvaturas y distribución no uniforme.
- Mejora fidelidad en regiones curvas.
- Busca concentrar más vértices donde hay más detalle geométrico.

**20%**  
**9,998 vértices**



Adaptación a zonas de alta curvatura mediante campo de densidad.

# Malla Tensorial

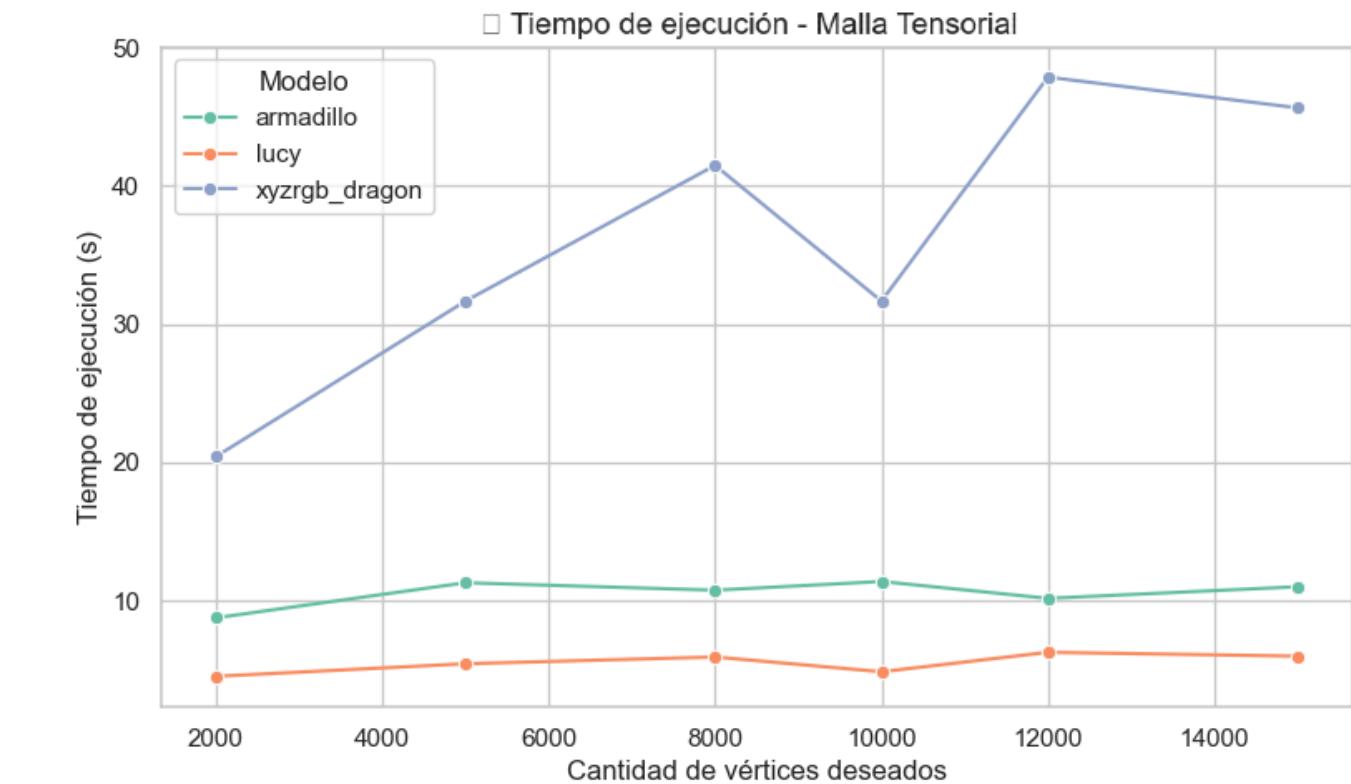


## ¿Cómo funciona?

Añade orientación a la malla. Aparece para alinear los elementos con la geometría usando curvaturas principales.

- Usa métricas anisotrópicas basadas en curvaturas principales.
- Alinea celdas Voronoi a estructuras geométricas.
- Tiempo crece con la complejidad y número de sitios.
- Captura direcciones preferentes en la geometría, alineando la malla con la forma.

**20%**  
**9,998 vértices**



Orientación de las celdas Voronoi  
según curvaturas principales.



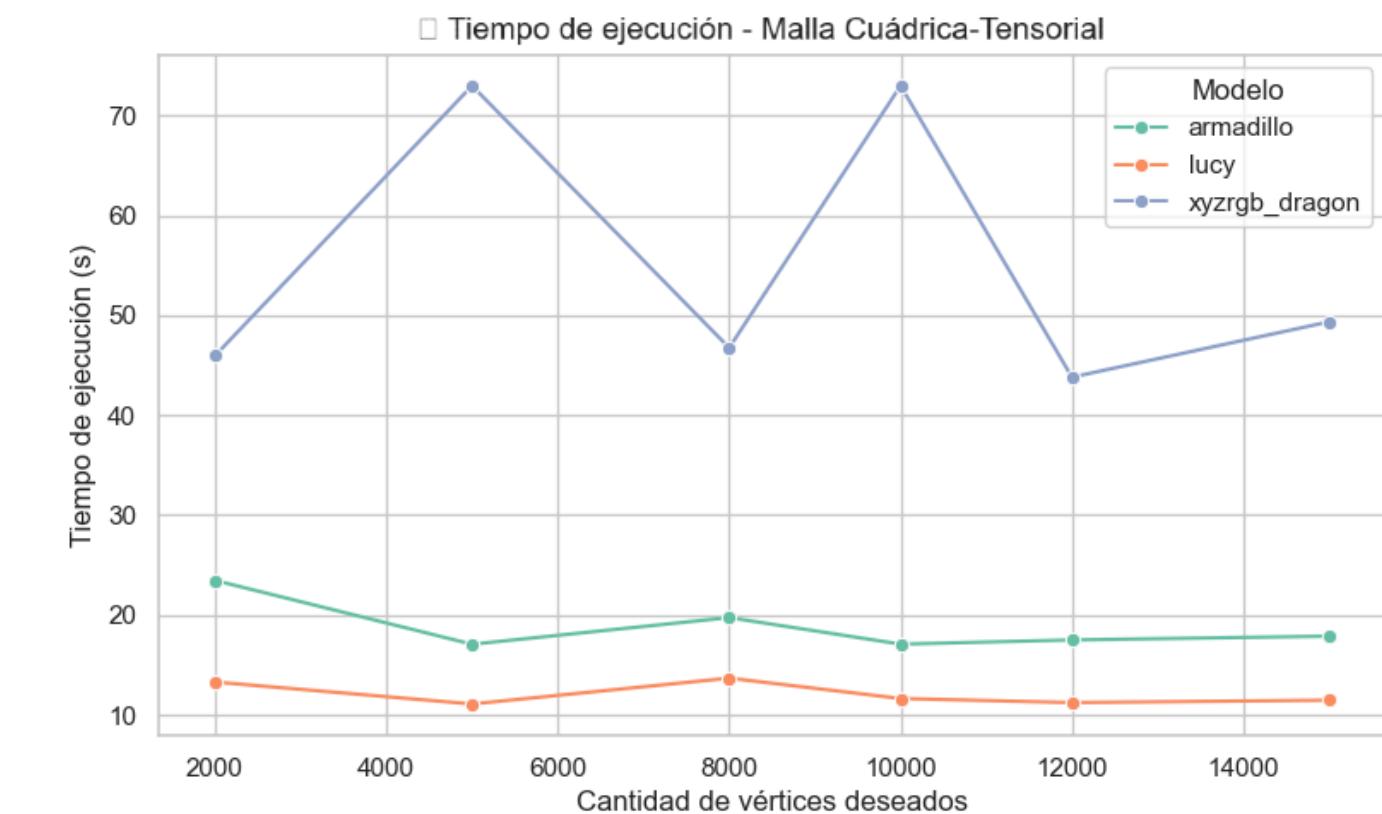
# Malla Cuádrica-Tensorial

## ¿Cómo funciona?

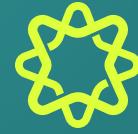
Mezcla error cuadrático y orientación. Surge para preservar forma y minimizar error tras simplificación agresiva.

- Combina métricas tensoriales con QEM por región.
- Cada clúster Voronoi acumula su propia matriz de error.
- Logra la mayor fidelidad, pero con el mayor costo computacional.
- Integra error geométrico local en cada región para preservar forma y orientación.

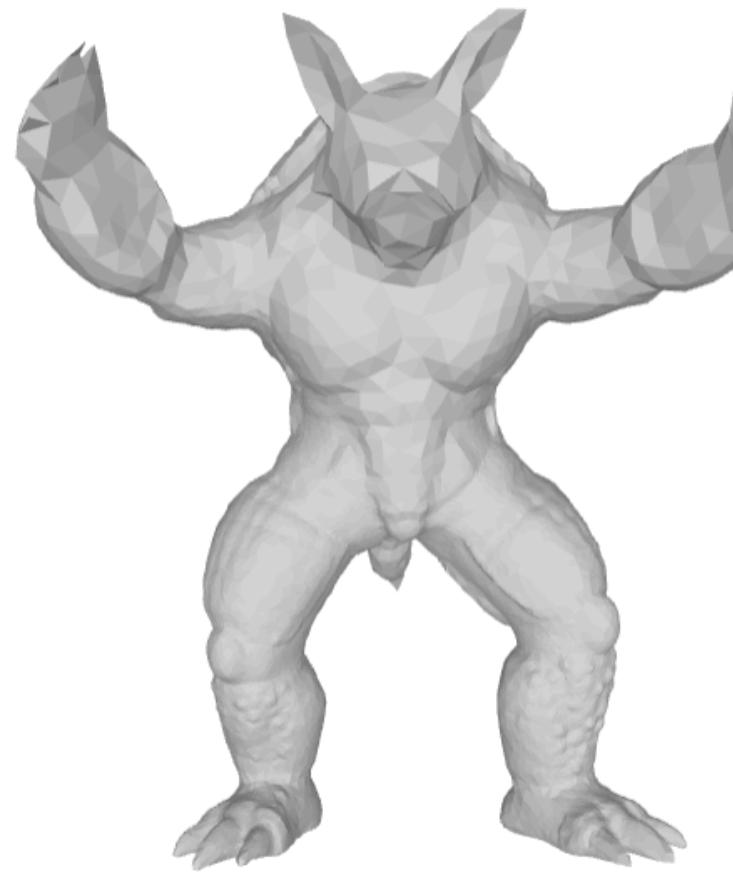
**20%**  
**9,998 vértices**



Integración de métricas QEM en el campo tensorial



# Resumen de Modos



Malla Homogénea



Malla Adaptive



Malla Tensorial

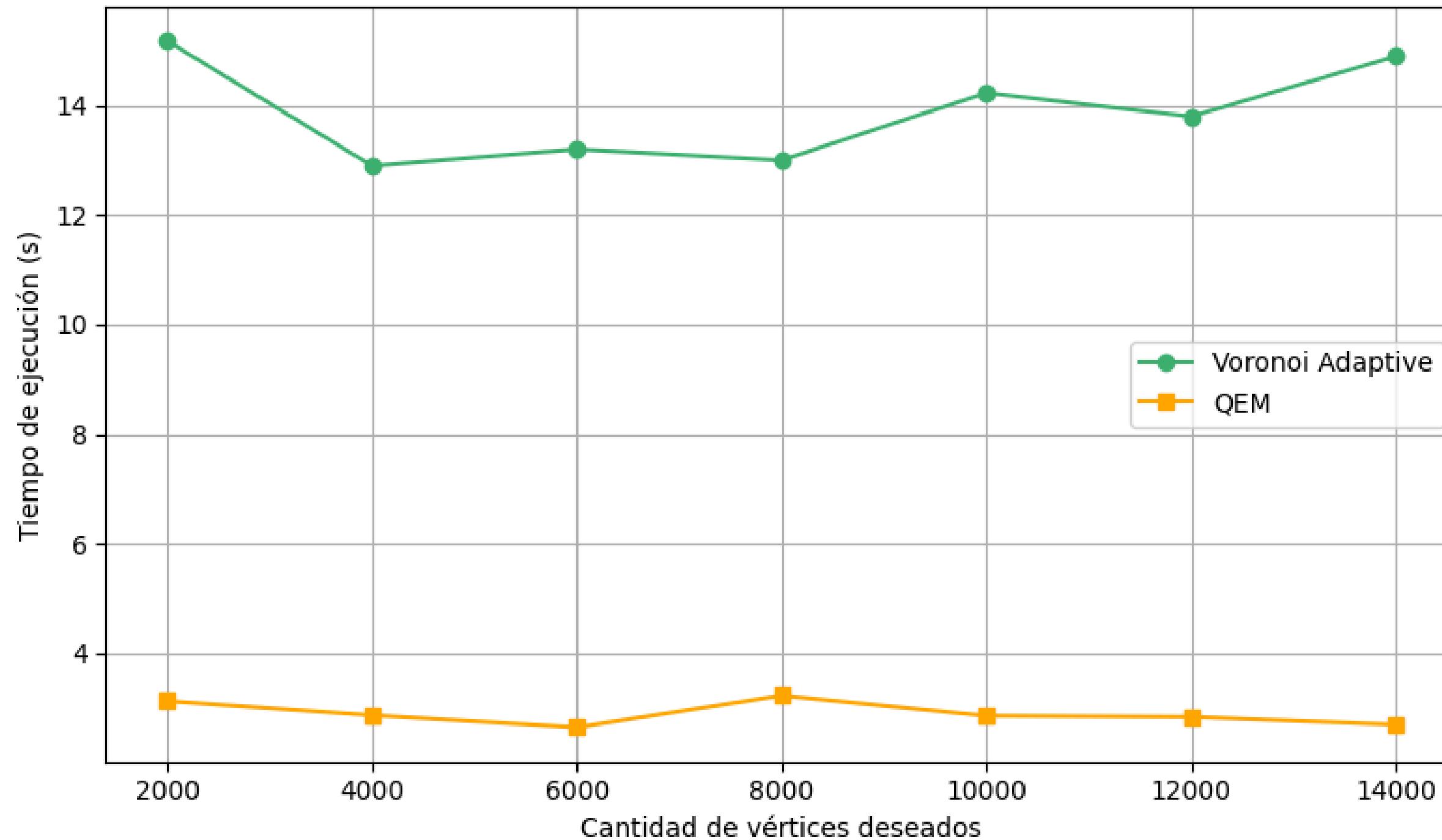


Malla Cuádrica-Tensorial



# Vs

Tiempo de ejecución - Modelo: armadillo





# Vs

<b>QEM (Quadric Error Metrics)</b>	<b>Voronoi Remeshing</b>
<i>Ultra rápido:</i> < 4 s incluso en modelos grandes	<i>Más lento:</i> puede superar los 70 s en variantes avanzadas
Basado en contracción local de aristas	Basado en partición global y optimización iterativa
Preserva bien la forma general de la malla	Captura mejor zonas de alta curvatura y orientación
Ideal para simplificaciones masivas y preprocessamiento	Ideal para refinamiento detallado o preparación visual
Algoritmo simple y escalable (heap + QEM)	Requiere cálculo de curvaturas, gradientes y métricas tensoriales
No necesita postprocesamiento adicional	Alinea elementos con la geometría local de forma precisa

# Gracias