

Control de Lectura 3

Sebastián Andrés Mira

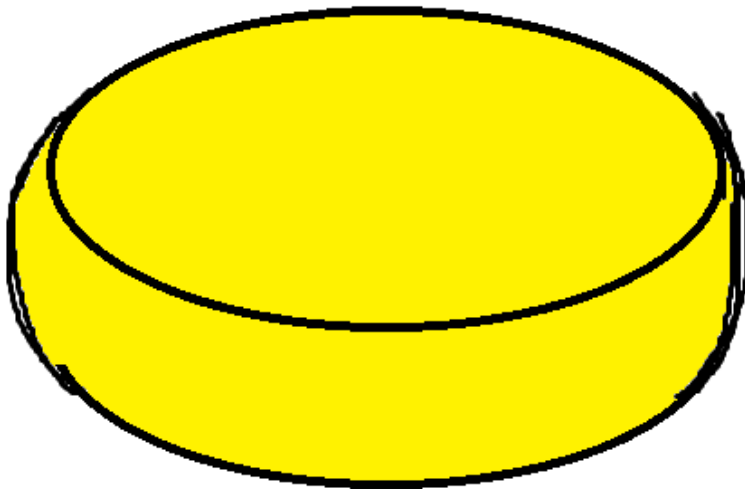
P1

Curve Skeletons son una representación en 1D de objetos 2D y 3D, mostrando de manera compacta en forma de “línea” captando la topología esencial del mismo. Entre las características que lo hacen útil es su simplicidad, y la eficiencia que provee en sus aplicaciones al tener ciertas propiedades (se verá después en P4), además de lo mencionado anteriormente: capacidad de mantener la esencia topológica del objeto. Se usa en animación, análisis científico, navegación virtual, etc. Por ejemplo, en Blender que es una suite de creación 3D utiliza los esqueletos para el proceso de rigging y animación de personajes y modelos 3D,, donde permiten deformar y controlar las mallas del modelo 3D.

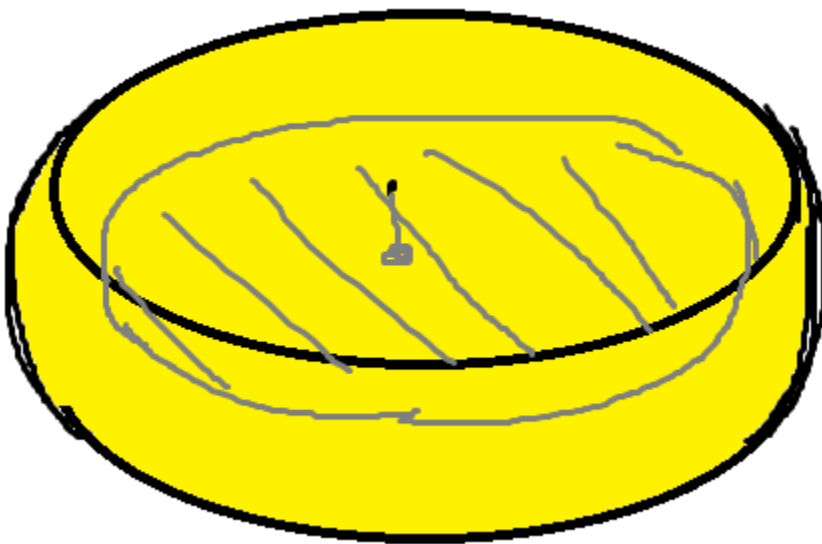
CATIA es una suite de software CAD utilizada en la ingeniería y el diseño industrial. Utiliza curve skeletons para la inspección virtual y la navegación dentro de modelos complejos de productos.

P2

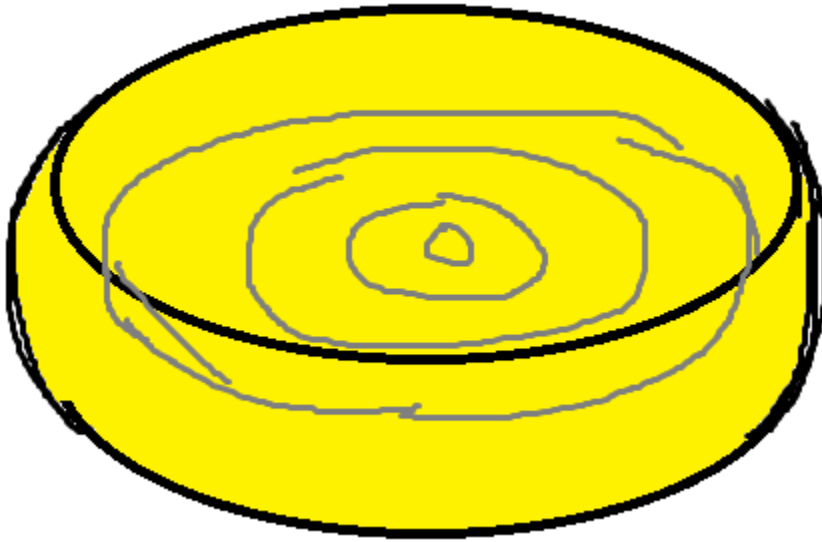
El medial axis incluye curvas y superficies que son equidistantes a más de un punto en el borde del objeto, mientras que el skeleton es una representación 1D formada por los centros de bolas máximas inscritas dentro del objeto (espacios esféricos con un set de puntos de los cuales no están todos presentes en otra bola del objeto). Por ejemplo con una “rueda rellena” (ejemplo 3D)



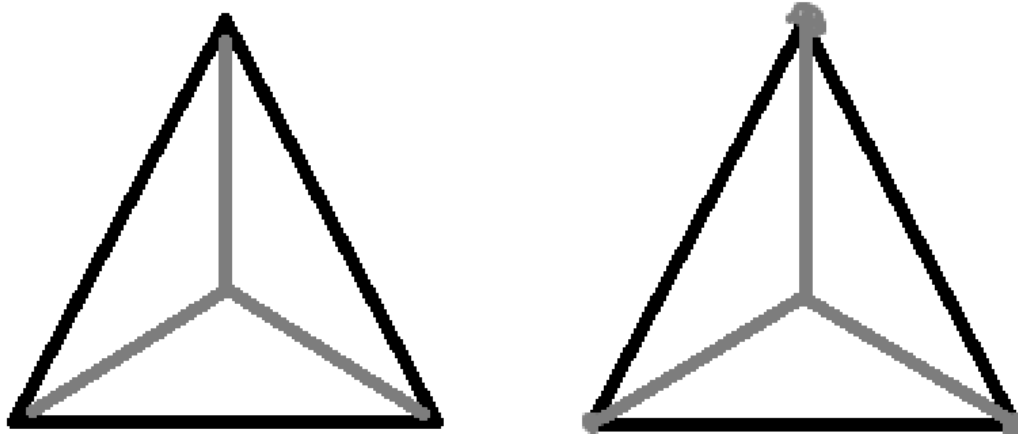
Se tendría que su superficie medial sería algo así como un disco dentro de la rueda:



Pero su curve skeleton sería (un caso) de múltiples anillos



En 2D no se nota mucho la diferencia, pero sí se hace énfasis en que los extremos de esquinas pertenecen al esqueleto solamente, y no a la superficie medial:

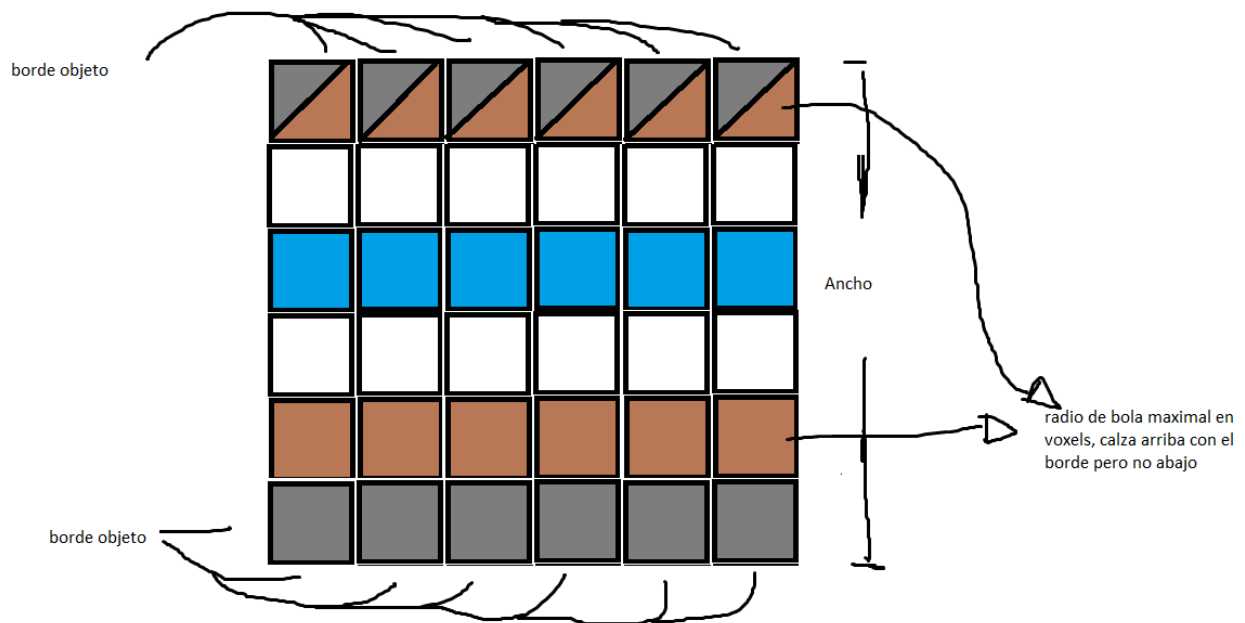


En pikachu el Esqueleto sería así



P3

En un espacio continuo, el skeleton se define a partir de bolas máximas continuas, mientras que en un espacio discreto se define usando vóxeles (píxeles pero en 3D, cubos en lugar de cuadrados), lo que introduce problemas de resolución y grosor. Por ejemplo, objetos con ancho de cantidad de voxels par tendrán una bola máxima discreta que no toca el borde o que sale del objeto, pues su centro (parte del esqueleto) no estará en el punto medio de los puntos del borde al que es equidistante.



P4

Homotopic: Preservación de la topología del objeto original. Si el objeto original tiene un túnel o está hueco, el esqueleto debería representarlo también.

Invariant under Isometric Transformation: Invarianza bajo traslaciones, rotaciones y reflexiones. Si $T()$ es una transformación, $Sk()$ es el esqueleto y O es un objeto, entonces $T(Sk(o)) = Sk(T(O))$

Reconstruction: Capacidad de reconstruir el objeto original a partir del skeleton. Capacidad de recrear la forma del objeto al unir las bolas maximales que representan cada centro perteneciente al esqueleto.

Thinness: El skeleton debe ser delgado, idealmente de un solo vóxel de grosor.

Centeredness: El skeleton debe estar centrado dentro del objeto. Al lanzar rayos en direcciones opuestas desde cada voxel del esqueleto, ambos deberían interceptar el borde del objeto a la misma distancia.

Reliable: Todos los puntos de la superficie del objeto deben ser visibles desde algún punto del skeleton.

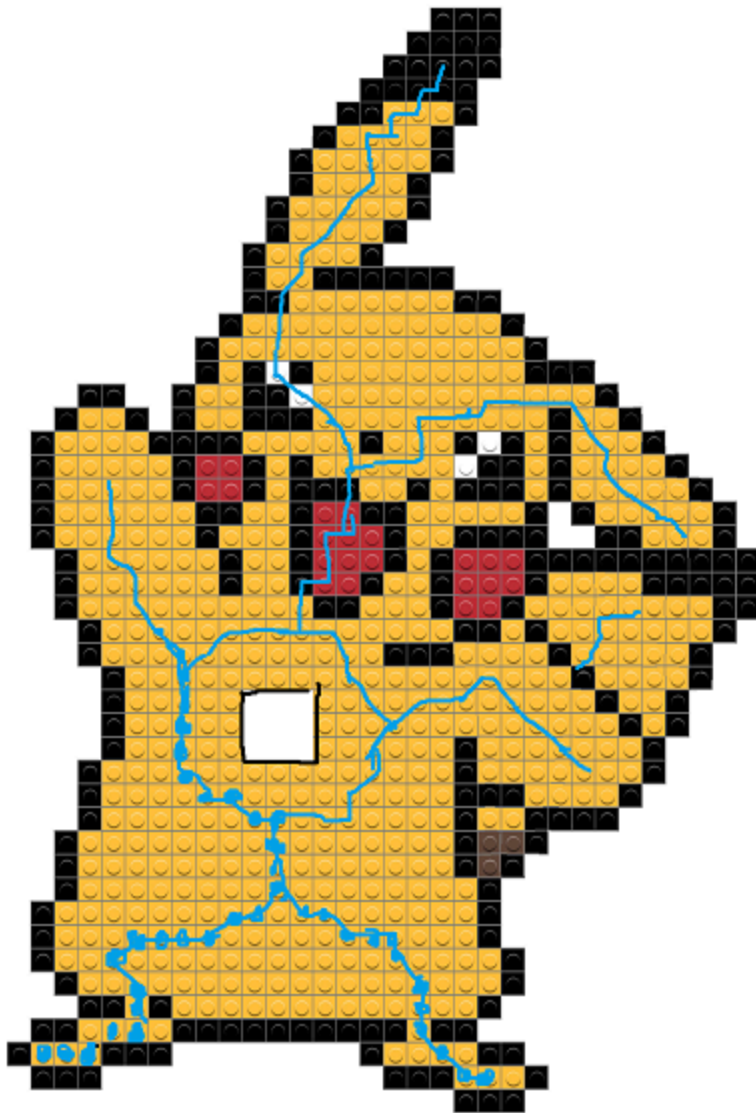
Junction Detection and Component-wise Differentiation: Capacidad de detectar uniones y diferenciar componentes del cuerpo original.

Connected: El skeleton debe ser una estructura conectada.

Robustness: El skeleton debe ser insensible a pequeñas perturbaciones en la superficie del objeto.

Smoothness: El skeleton debe ser suave, sin cambios abruptos en la dirección.

Hierarchy: Capacidad de generar diferentes niveles de detalle. Parte desde la que nacen el resto de partes del esqueleto, algo así como la estructura de un árbol.



En esta imagen se intenta representar el cuerpo de pikachu como sería en 3D con la línea celeste (por eso tiene parte del esqueleto en la cola). Se deberían poder mantener las propiedades pues: representa que tiene un agujero en el pecho (homotopico). Como es discreto se debería ser capaz de reflejar, trasladar o rotar la imagen. Para la reconstrucción se debería tener en cuenta meticulosamente la cantidad de pixeles hasta el extremo más cercano, lo cual no se refleja en la figura debido a la complejidad de lograr esto. Se logra la delgadez, pues (adelantando la explicación) se pueden identificar las uniones de partes: patas de pikachu, pecho, cabeza, orejas y cola, por lo que se puede saber qué partes

separar para tener componentes de grosor de 1 pixel/vóxel. Para que esté centrado (en el dibujo se intentó) nuevamente se debe considerar las condiciones para reconstrucción, por ejemplo, que se tenga en cuenta la distancia hacia todos los bordes. Se intentó en el dibujo y fallas en varias partes debido a la complejidad. Es un esqueleto confiable pues cada punto claramente se ve desde alguna parte del borde. Está conectado visiblemente (pensar que la componente de la cola también está unida por detrás de pikachu).

Lamentablemente no es robusto pues si se quiere conservar el grosor, por un pequeño cambio en la superficie sería similar a agregar una componente al esqueleto. La suavidad se logra porque mayormente no hay curvas de 90 grados, sino de 45 entre vóxeles contiguos. Por último la jerarquía se puede agregar si se nombra al pecho de pikachu (el esqueleto rodeando al agujero) como la parte de la que surgen las demás componentes.

P5

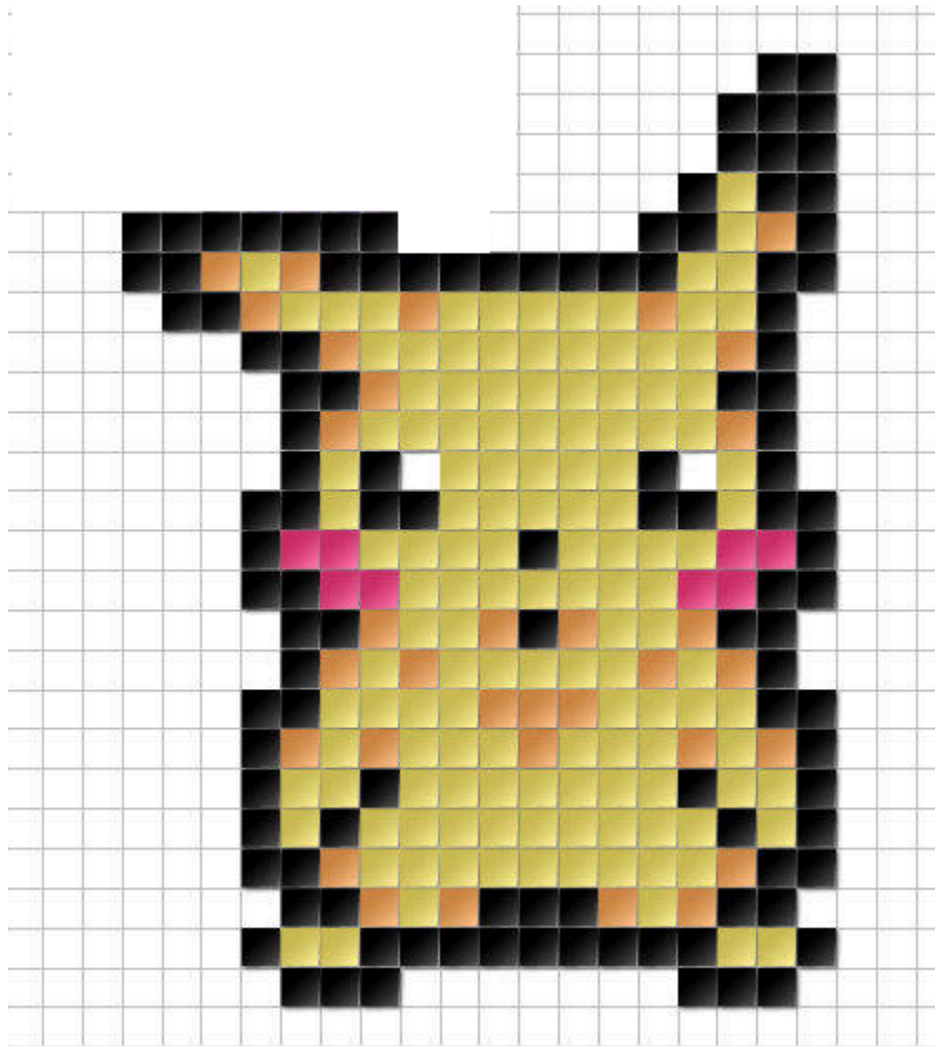
Thinning and Boundary Propagation: este método reduce iterativamente el objeto eliminando vóxeles desde los bordes hacia el centro hasta que se obtiene el esqueleto deseado. Utiliza la eliminación de puntos simples para decidir qué vóxeles eliminar sin cambiar la topología del objeto.

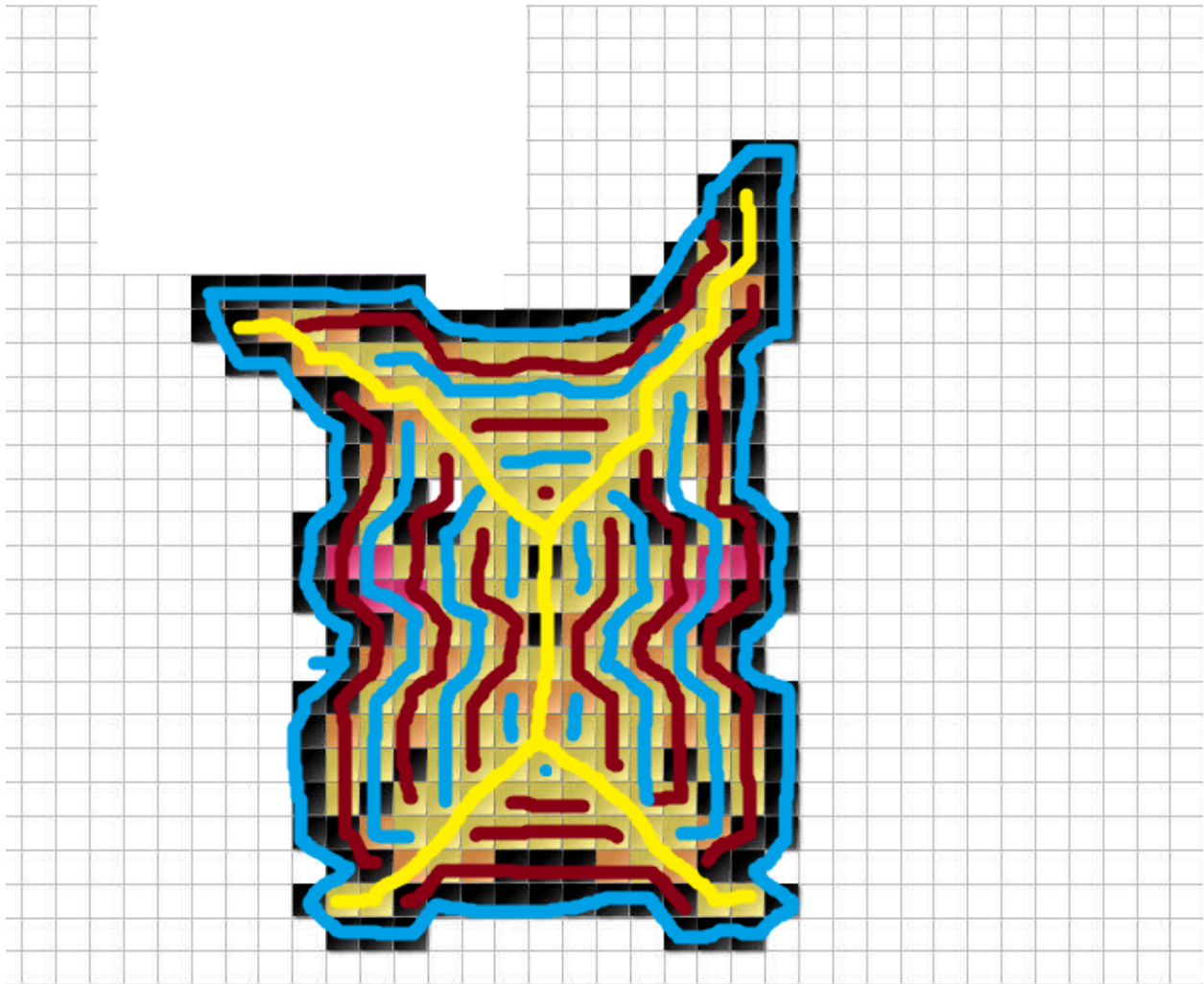
Distance Field Based: Calcula un campo de distancia para cada punto interior del objeto, midiendo la distancia al borde más cercano. Identifica los puntos de máxima distancia dentro del campo de distancia, que son los puntos centrales del objeto y, en consecuencia, el esqueleto.

Geometric Methods: Utiliza representaciones geométricas como diagramas de Voronoi para identificar el esqueleto del objeto, separando en regiones con propiedades importantes (núcleos o puntos generadores). Generalmente se obtiene la superficie medial en primer lugar, y de esta se extrae el esqueleto.

General-Field Functions: Aplica campos de potencial generalizados, como campos electrostáticos, para identificar los puntos centrales del objeto. Calcula el campo potencial generado por los puntos del borde del objeto y usa las líneas de fuerza para encontrar el esqueleto. Necesita a veces de condiciones especiales, como el conocer cuál es el interior y exterior del objeto.

Se ocupará el algoritmo Fully-Parallel de Thinning Process en la siguiente imagen:





El esqueleto es la línea amarilla, cada línea celeste y marrón son iteraciones de eliminación de los puntos simples.

P6

Entre las complejidades estaría la inevitable sensibilidad al ruido que tendrá la creación de un esqueleto de acuerdo al modelo, y que por lo mismo será diferente entre diferentes algoritmos. Es casi imposible hacer un algoritmo realmente eficiente y preservar las propiedades, lo que lleva a la otra complejidad: para asegurar alguna de las propiedades generalmente se sacrifican otras. Además se requiere mucho pos- y pre- procesamiento para realmente extraer un esqueleto.

No es un problema resuelto: no se ha alcanzado un algoritmo que preserve todas las propiedades buscadas, y mucho menos en un tiempo eficiente.

En primer lugar se debe identificar qué propiedades se quieren en el esqueleto resultante y para qué se quiere utilizar, para luego poder acotar los métodos a implementar. Luego, dentro de ese método se deberá filtrar nuevamente para la variación que será más eficiente; esto implica tomar en cuenta el input del algoritmo y las condiciones o datos que se tienen. Por ejemplo, si se recibe un mesh, quizás sea mejor utilizar Voronoi en métodos geométricos.