

Optimización Geometrías Impresión 3D

Leonard David Vivas Dallos
Mariana Valencia Cubillos
Tomás Escobar Rivera

March 6, 2025

Contenido

- 1 Introducción
- 2 Fundamentación Teórica
- 3 Pseudocódigo del Algoritmo
- 4 Modelo Computacional y Arquitectura
- 5 Resultados y Aplicación
- 6 Evaluación Experimental de la Optimización
- 7 Conclusión
- 8 Bibliografía

- La impresión 3D permite fabricar geometrías complejas reduciendo costos.
- Se busca optimizar el diseño estructural para minimizar material sin comprometer resistencia.
- Se desarrolla un software de optimización topológica para mejorar la eficiencia de impresión 3D.

- Técnica computacional para optimizar la distribución de material en un diseño.
- Maximiza eficiencia estructural minimizando la cantidad de material utilizado.
- Utilizada en manufactura aditiva para crear estructuras ligeras y resistentes.

Este método penaliza valores de densidad intermedios para forzar soluciones discretas, facilitando la manufactura aditiva.

$$E_i = E_0 x_i^p, \quad 0 < x_i \leq 1$$

- E_i - Módulo de elasticidad interpolado del elemento i .
- E_0 - Módulo de elasticidad del material sólido.
- x_i - Densidad relativa del material en el elemento i .
- p - Parámetro de penalización para evitar valores intermedios de densidad.

El método FEA permite modelar el comportamiento mecánico de la estructura bajo carga y evaluar su resistencia antes de la fabricación.

Ecuación de Equilibrio:

$$K(x)U = F$$

- $K(x)$ - Matriz de rigidez global ensamblada de todas las matrices de los elementos.
- U - Vector de desplazamientos nodales, obtenidos al resolver el sistema.
- F - Vector de fuerzas aplicadas en los nodos del sistema.

Algorithm 1 Proceso de Optimización de Topología

- 1: Inicializar parámetros de optimización
 - 2: Configurar análisis de elementos finitos (FEA)
 - 3: Definir condiciones de frontera y cargas
 - 4: Crear filtro de sensibilidad
 - 5: Inicializar variables de diseño
 - 6: **while** criterio de convergencia no alcanzado **do**
 - 7: Resolver ecuaciones de equilibrio estructural
 - 8: Calcular sensibilidad de la función objetivo
 - 9: Aplicar filtro de sensibilidad
 - 10: Actualizar variables de diseño usando el método de optimalidad
 - 11: **end while**
 - 12: Visualizar resultado final en 3D
 - 13: Exportar resultados en formato STL para impresión 3D
-

Modelo Computacional

- **lk_H8**: Calcula la matriz de rigidez de un elemento hexaédrico (H8) considerando la relación de Poisson.
- **get_load_and_fixed_dofs**: Determina los grados de libertad donde se aplican cargas y las condiciones de frontera fijas.
- **setup_FE**: Configura el análisis de elementos finitos (FEA), incluyendo la generación del vector de fuerzas y desplazamientos.
- **generate_edofMat**: Genera la matriz de conectividad de los elementos, necesaria para ensamblar la matriz de rigidez global.
- **get_global_stiffness_indices**: Precalcula los índices globales de filas y columnas para ensamblar la matriz de rigidez.
- **create_filter**: Crea un filtro de sensibilidad para suavizar los resultados y evitar patrones irregulares en la distribución del material.
- **optimize_topology**: Ejecuta el proceso iterativo de optimización usando el método SIMP.

- **display_3D** y **display_solid_3D**: Visualizan la topología optimizada en 3D.
- **export_optimized_stl** y **export_iso_stl**: Exportan los resultados de la optimización en formato STL para impresión 3D.

Comparación de Modelos

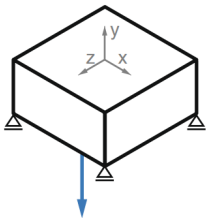


Figure: Caso de Estudio

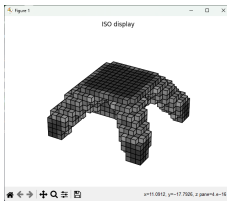


Figure: Resultado de Optimización 1

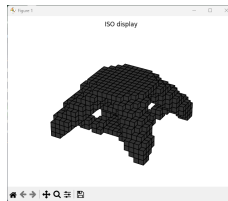
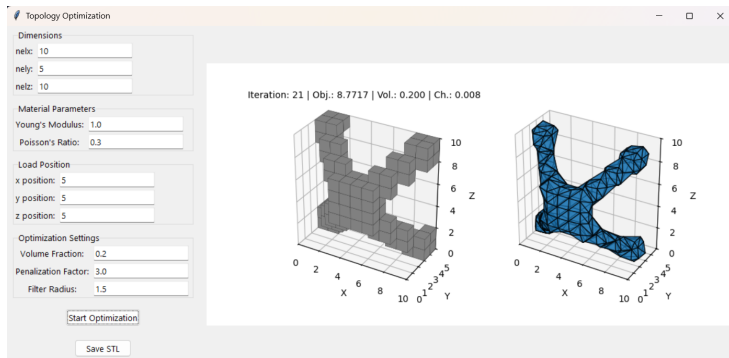


Figure: Resultado de Optimización 2

Interfaz del Software



Interfaz gráfica del software.

Validación mediante Impresión 3D

Para validar experimentalmente los resultados obtenidos en la optimización topológica, se procedió a la impresión 3D de los modelos generados. En esta sección, se presentan los archivos .STL utilizados, junto con los parámetros de impresión y una imagen de los resultados obtenidos.

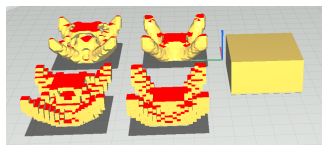


Figure: Modelos STL a
Imprimir

Impresora utilizada: AnyCubic Predator

- Material: PLA
- Altura de capa: 0.2 mm
- Densidad de relleno: 20%
- Temperatura de extrusión: 190 °C
- Temperatura de cama: 55 °C
- Velocidad de impresión: 70 mm/s
- Soportes: Sí, en árbol
- Adherencia a la placa: Falda

Tiempo de impresión: 5 horas 11 minutos

Material utilizado: 42 gramos

Resultados de Impresión

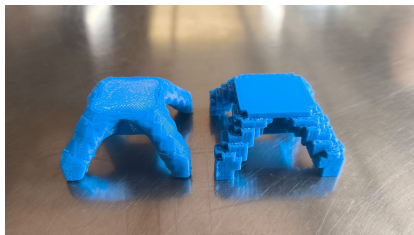


Figure: Resultado 1 de Impresión

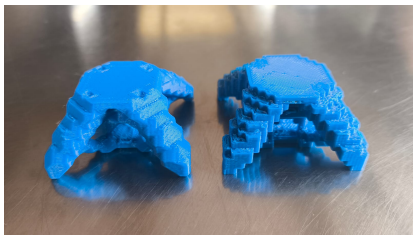


Figure: Resultado 2 de Impresión

Conclusión

- Se logró optimizar la geometría para impresión 3D reduciendo material sin comprometer resistencia.
- El software permite la adaptación a distintos casos de estudio.
- La interfaz facilita el uso del software y la generación de archivos imprimibles.

- Liu, K., Tovar, A. (2014). An efficient 3D topology optimization code written in Matlab. *Structural and Multidisciplinary Optimization, 50*(6), 1175-1196. <https://doi.org/10.1007/s00158-014-1107-x>
- Bendsøe, M. P., Sigmund, O. (2003). *Topology Optimization: Theory, Methods, and Applications*. Springer.
- Rozvany, G. I. N. (2009). A critical review of established methods of structural topology optimization. *Structural and Multidisciplinary Optimization, 37*(3), 217-237.
- Sigmund, O., Maute, K. (2013). Topology optimization approaches: A comparative review. *Structural and Multidisciplinary Optimization, 48*(6), 1031-1055.
- Zegard, T., Paulino, G. H. (2016). Bridging topology optimization and additive manufacturing. *Structural and Multidisciplinary Optimization, 53*(1), 175-192.