

ESTUDIO BIOMECÁNICO DE ESTRUCTURAS POROSAS OBTENIDAS POR FABRICACIÓN ADITIVA PARA SU APLICACIÓN EN EL ÁMBITO DE LA CIRUGÍA REGENERATIVA

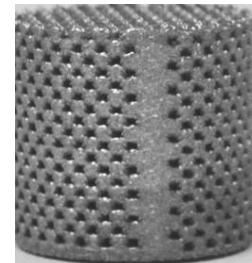
Autor: Christian Santiago Rodríguez Quintero

Tutores: Alberto Cuadrado Hernández / María Paula Fiorucci

Escuela de Ingenierías Industriales y Civiles (EIIIC) / Grado en Ingeniería Mecánica / Junio 2023

OBJETIVOS

El presente Trabajo de Fin de Grado (TFG) lleva a cabo el estudio biomecánico de un total de 10 tipologías de estructuras porosas, denominadas *scaffolds* por medio de simulaciones con software de elementos finitos, concretamente con el Abaqus/CAE. Las simulaciones realizadas buscan obtener en lo que se refiere al módulo de elasticidad similares al obtenidos en ensayos experimentales.



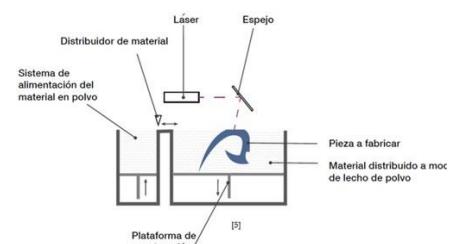
MEMORIA MÉDICA

El sistema óseo humano está compuesto por un total de 206 huesos que se encargan de realizar gran variedad de funciones desde ser el soporte del cuerpo hasta de servir como almacén metabólico. Se encuentra en constante renovación por el proceso de remodelación ósea. En casos de fractura o lesiones es cuando se implantan en los huesos los *scaffolds* que deben reemplazar al hueso afectado para ser capaces de soportar cargas y favorecer la proliferación ósea a través de ellos.

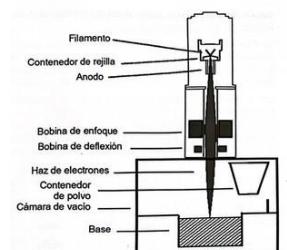
FABRICACIÓN ADITIVA

La fabricación aditiva se trata de una de las técnicas de fabricación con mayor crecimiento en la actualidad. Se define como el proceso por el que se obtiene un producto por medio de la deposición secuencial de material en capas, lo que comúnmente se denomina como impresión 3D. Las principales dos técnicas de fabricación aditiva usadas para fabricar *scaffolds* son la Fusión Selectiva por Láser (SLM) donde se funde el material con un láser, y Fusión por Haz de Electrones (EBM) donde se usa un haz de electrones para fundir el material.

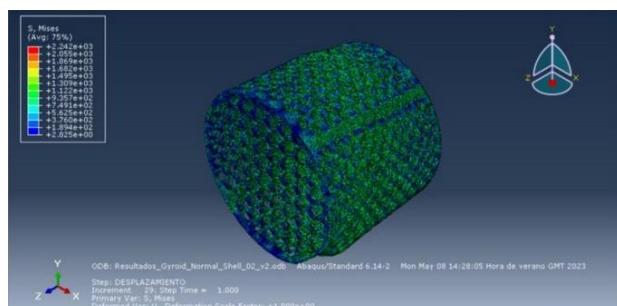
TÉCNICA SLM



TÉCNICA EBM



SIMULACIONES



Las simulaciones se han realizado por medio del software de elementos finitos Abaqus/CAE, donde se han estudiado las 10 tipologías de *scaffolds*, siendo 9 de ellas estructuras tipo giroide obtenidas aplicando el método de superficies triplemente periódicas (TPMS) que favorecen la proliferación celular por su porosidad, pero que mantienen buenas propiedades mecánicas. La tipología restante, se trata del estudio de una probeta donde la geometría y el tamaño del poro son variables aleatorias. Los ensayos computacionales realizados son con esfuerzos de compresión, donde se restringe el movimiento en la cara inferior de la probeta y se le aplica un desplazamiento en la cara superior en función del desplazamiento sufrido experimental.

RESULTADOS

Se obtiene las gráficas fuerza-desplazamiento a partir de los resultados dados por el Abaqus/CAE, de las cuales se obtiene la pendiente, para obtener el módulo de elasticidad computacional aplicando:

$$E = K \cdot h / A$$

Donde h corresponde a la altura de la probeta y A al área de la sección de la probeta, tomada como sección circular.

MÓDULO ELASTICIDAD COMPUTACIONAL

	Ø (mm)	h (mm)	K (N/mm)	A (mm ²)	E Comput. (MPa)
Gyroid Normal	10	10	6635.6	78.53981634	844.8708323
Gyroid Normal Shell	20.5	20	33619	330.0635782	2037.122677
Gyroid Deformed Zx2	8	9.8	9235.6	50.26548246	1800.616956
Stochastic	20	20	25959	314.1592654	1652.601267
Gyroid Sheet Grande	20	20	48042	314.1592654	3058.44871
Gyroid Sheet Perforada Grande	20	20	114128	314.1592654	7265.614138
Gyroid Sheet 69	7	7.15	58698	38.48451001	10905.44481
Gyroid Sheet Perforada 69	6.95	7.125	45527	37.93669479	8550.557101
Gyroid Sheet 72	8	8.2	52460	50.26548246	8558.000022
Gyroid Sheet Perforada 72	8	8.15	23024	50.26548246	3733.090599

COMPARATIVA DE RESULTADOS

	E_Exper. (Mpa)	Desviación Experimental	E_Comput. (Mpa)	Diferencia_máx (%)	Diferencia_mín (%)
Gyroid Normal	938	58	844.871	15.174	3.992
Gyroid Normal Shell	1506	176	2037.123	17.433	34.712
Gyroid Deformed Zx2	1626	206	1800.617	1.713	21.138
Stochastic	998	87	1652.601	34.346	44.875
Gyroid Sheet Grande	1685	28	3058.449	43.991	45.822
Gyroid Sheet Perforada Grande	1740	84	7265.614	74.895	77.208
Gyroid Sheet 69	2904	145	10905.445	72.041	74.701
Gyroid Sheet Perforada 69	2373	253	8550.557	69.289	75.206
Gyroid Sheet 72	2639	84	8558.000	68.182	70.145
Gyroid Sheet Perforada 72	1872	309	3733.091	41.577	58.131

CONCLUSIONES

Se ha permitido variaciones de entorno al 20% para los ensayos computacionales, cuyos valores suelen ser mayores al trabajarse en condiciones ideales, donde la geometría, rugosidad de la superficie y la porosidad interna son ideales. En el caso de las tipologías Sheet y Sheet perforadas estos factores están acentuados.