



DATOS IDENTIFICATIVOS

Aplicacións en Enxeñería biomédica

Materia	Aplicacións en Enxeñería biomédica			
Código	V04M196V01202			
Titulación	Máster Universitario en Fabricación Aditiva			
Descritores	Creditos ECTS	Sinale	Curso	Cuadrimestre
	6	OP	1	2c
Lingua de impartición	#EnglishFriendly Castelán Galego			
Departamento				
Coordinador/a	Pena Uris, Gloria María			
Profesorado	Casarejos Ruiz, Enrique Feijoo Vázquez, Iria Hernández Martín, Primo Pena Uris, Gloria María Segade Robleda, Abraham			
Correo-e	gpena@uvigo.gal			
Web	http://https://moovi.uvigo.gal/			
Descripción xeral	<p>En esta asignatura optativa el alumnado podrá adquirir los conocimientos teóricos y la capacitación práctica básica para iniciarse en el modelado y fabricación de productos biomédicos (prótesis, órtesis, modelos y utillaje para cirugía, etc.).</p> <p>Esta materia está estructurada con una orientación eminentemente práctica y un enfoque integral en el que, partiendo del diseño funcional de un producto, se aborda la selección del material que garantice las adecuadas propiedades, biocompatibilidad y durabilidad. Se analizan las tecnologías de fabricación aditiva e híbrida aplicables, con consideración a criterios de calidad, seguridad y economía, y se completa este enfoque con una revisión de las técnicas de posprocesado necesarias para lograr la adecuada funcionalidad biomecánica y la mejor compatibilidad con los medios fisiológicos.</p> <p>Finalmente, se abordan las técnicas de verificación de la calidad de la pieza fabricada (metrología, caracterización microestructural, mecánica y de durabilidad)</p> <p>Materia del programa English Friendly: Los/as estudiantes internacionales podrán solicitar al profesorado: a) materiales y referencias bibliográficas para el seguimiento de la materia en inglés, b) atender las tutorías en inglés, c) pruebas y evaluaciones en inglés</p>			

Resultados de Formación e Aprendizaxe

Código	
B6	Realizar procesos de simulación e modelado para o deseño 3D e prototipado de materiais, así como para a simulación de estruturas e procesos de fabricación.
B7	Definir os requisitos técnicos dos diferentes produtos que se queren desenvolver e seleccionar as ferramentas e tecnoloxías de fabricación aditiva más adecuadas
B9	Definir o método de impresión 3D tendo en cuenta as características do obxecto que se vai a producir
B11	Recoñecer as posibilidades da fabricación aditiva fronte á fabricación tradicional.
C1	Coñecer e aplicar técnicas de caracterización e análise de materiais (metais, cerámicas, composites, polímeros...) co obxectivo de comprender as súas propiedades e identificar usos potenciais.
C4	Seleccionar materiais para aplicacións concretas de manufactura a partir das especificacións das ferramentas e impresoras de manufactura aditiva que empregar, así como dos diferentes tipos de modelados existentes.
C7	Analizar as características dos obxectos que se van a producir para seleccionar o método de impresión más adecuado.
D7	Deseñar e redefinir obxectos utilizando ferramentas de deseño paramétrico para realizar impresión 3D
D9	Inspeccionar los productos o piezas fabricadas con el fin de verificar el cumplimiento de las normas de calidad y el cumplimiento de las características técnicas establecidas

Resultados previstos na materia	
Resultados previstos na materia	Resultados de Formación e Aprendizaxe
Coñecementos	B6 B7 B9 B11
Habilidades	C1 C4 C7
Competencias	D7 D9
Contidos	
Tema	
1. Introducción á fabricación aditiva no sector biomédico	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Evolución histórica da fabricación aditiva (FA) no sector biomédico <input type="checkbox"/> Beneficios da FA: Redución de tempo e custos, redución peso, melloras ergonómicas, medicina personalizada. <input type="checkbox"/> Aplicacións da FA a produtos biomédicos: próteses, órteses, modelos preoperatorios e ferramentas. <input type="checkbox"/> Aspectos éticos e legais relacionados coa FA no ámbito biomédico
2. Modelado e simulación numérica en fabricación aditiva. Sector Biomédico.	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Importancia da simulación numérica. <input type="checkbox"/> Bases de cálculo FEM e optimización topolóxica. <input type="checkbox"/> Preprocesado: <ul style="list-style-type: none"> - Preparación xeométrica para FEM - Condicións de contorno e aplicación de cargas. - Modelos materiais. <input type="checkbox"/> Post-procesamento en modelado: <ul style="list-style-type: none"> - Análise de esforzos e deformacións centrada en ensaios estáticos. - Análise estrutural, criterios de falla. - Optimización topolóxica.
3: Biomateriais para fabricación aditiva	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Características xerais dos biomateriais. Clasificación. <input type="checkbox"/> Cerámicos: HA, fosfato tricálcico (TCP). Outros fosfatos de calcio (CaPs). Biovidrio. compostos cerámicos. <input type="checkbox"/> Metais: metais nobres, Ti6Al4V, TiNi. 316L, CoCr, CoCrMo. Aliaxes de Mg. Materiais compostos de matriz metálica. <input type="checkbox"/> Polímeros: biopolímeros naturais. Biopolímeros sintéticos. M. compostos polímero-cerámico. <input type="checkbox"/> Biomateriais avanzados para FA.
4. Tecnoloxías de fabricación aditiva aplicadas a productos biomédicos.	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Extrusión de material (FDM) <input type="checkbox"/> Fotopolimerización en tanque o cuba (SLA) <input type="checkbox"/> Fusión en leito de pó (SLS) <input type="checkbox"/> Inxección de aglutinante (BJ) <input type="checkbox"/> Deposición de energía localizada (DED) <input type="checkbox"/> Fusión por feixe de electróns (EBM) <input type="checkbox"/> Fabricación multimaterial. <input type="checkbox"/> Bioimpresión
5. Control de calidade de produtos. Postprocesado.	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Análise do efecto dos parámetros de impresión sobre as propiedades do producto. <input type="checkbox"/> Postprocesado e tratamentos superficiais das pezas. <input type="checkbox"/> Caracterización estrutural, mecánica, térmica e química. Normativas e estándares relacionados
6.- Proxecto de deseño e fabricación	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Casos de estudio <input type="checkbox"/> Deseño inicial: condicionantes particulares. Optimización *topolóxica <input type="checkbox"/> Probas iniciais de impresión: Influencia dos parámetros de *deposición nas propiedades. <input type="checkbox"/> Fabricación de pezas. <input type="checkbox"/> Análise dos resultados obtidos. Leccións aprendidas.

Planificación			
	Horas na aula	Horas fóra da aula	Horas totais
Actividades introductorias	0.5	0	0.5
Lección maxistral	15	45	60
Prácticas con apoio das TIC	6	0	6
Prácticas de laboratorio	6	0	6
Traballo tutelado	20	54.5	74.5

Autoavalación	0.5	0	0.5
Informe de prácticas, prácticum e prácticas externas	0.5	0	0.5
Exame de preguntas obxectivas	1.5	0	1.5
Presentación	0.5	0	0.5

*Os datos que aparecen na táboa de planificación son de carácter orientador, considerando a heteroxeneidade do alumnado.

Metodoloxía docente

	Descripción
Actividades introdutorias	O profesorado realiza a presentación do curso: contidos, organización, metodoloxías empregadas, cronograma e sistema de avaliación. Realízase a descripción dos proxectos a desenvolver polo alumnado, así como as condicións de realización. Explícase o sistema de titorías e apoio de que dispón o alumnado.
Lección maxistral	O profesorado presentará e explicará os contidos fundamentais da materia, fomentando a participación activa do alumnado. O material empregado nas presentacións estará a disposición do alumnado con anterioridade na plataforma Moovi. Poderán realizarse actividades manipulativas na aula
Prácticas con apoio das TIC	Desenvolveranse en aula informática. Prácticas nas que o profesorado guía ao alumnado na utilización das plataformas e programas de deseño, modelado e simulación, así como o programa CESEDUPACK para a selección de materiais.
Prácticas de laboratorio	Actividades de aplicación práctica dos coñecementos adquiridos nas sesións teóricas. Desenvólvense en laboratorio con equipamento especializado e de acordo coas normas aplicables. Nestas actividades, o profesorado guiará ao alumno na utilización dos equipos e das técnicas que deberá utilizar no desenvolvemento do proxecto, como as tecnoloxías de FA, as de mecanizado e metroloxía; caracterización mecánica, térmica e microestructural
Traballo tutelado	Este traballo tutelado ou proxecto supón a aplicación directa dos coñecementos adquiridos e permitirá o desenvolvemento das necesarias habilidades prácticas de integración. O profesorado proporá diversos produtos biomédicos sinxelos para que os/os alumnos/alumnas (de forma individual ou por grupos reducidos, dependendo do número) leven a cabo o proceso completo de análise de requisitos, deseño, selección de material, fabricación e caracterización. Para iso, o alumnado contará cos medios do centro e o apoio do profesorado.

Atención personalizada

Metodoloxías	Descripción
Lección maxistral	O profesor orientará e resolverá as dúbihdas que poida ter o alumno en relación aos temas explicados nas clases de teoría. Esta atención levará a cabo na propia aula, de maneira espontánea e en sesións de titorías. As titorías realizaranse a petición dos estudiantes, no horario de atención definido polo profesorado e poderán ser individuais ou en pequenos grupos.
Prácticas con apoio das TIC	O profesorado guiará aos alumnos na utilización dos programas e plataformas, aclarando as súas dúbihdas e orientándoos para lograr a mellor comprensión dos conceptos e a adquisición das habilidades necesarias. Esta atención levará a cabo de maneira espontánea durante a realización das sesións prácticas e tamén en sesións de titorías personalizadas. Estas realizaranse no horario definido polo profesorado.
Prácticas de laboratorio	O profesorado de laboratorio guiará aos alumnos no desenvolvemento das clases prácticas, aclarando as súas dúbihdas e orientándoos para lograr a mellor comprensión dos conceptos e a adquisición das habilidades necesarias na utilización das distintas técnicas. Esta atención levará a cabo de maneira espontánea durante a realización das sesións prácticas e tamén en sesións de titorías personalizadas. Estas realizaranse no horario definido polo profesorado.
Traballo tutelado	Durante o desenvolvemento do proxecto que o alumnado deberá realizar de forma individual ou en grupos reducidos, contará coa orientación e axuda do profesorado. Esta atención levará a cabo durante a execución das tarefas do propio proxecto, ou de ser necesario, cando sexa requirida, dentro do horario establecido polo profesorado. Con todo, proporase a realización de dúñas sesións de titorías en grupo, unha ao comezo do proxecto e outra antes da defensa, para poder modificar aqueles aspectos da estrutura ou do contido que o necesiten.

Avaliación

	Descripción	Cualificación	Resultados de Formación e Aprendizaxe

Autoavalación	Ao final de cada tema ou unidade temática, realizarase unha proba curta de autoavalación que o alumnado deberá responder de maneira individual. O resultado destas probas orientarán ao alumnado sobre a súa comprensión da materia e o seu progreso na aprendizaxe. As probas consistirán na resolución de 10 cuestiones tipo test (respuesta única ou múltiple), en liña, a través da plataforma Moovi. Realizaranse na propia aula, no tempo asignado ás leccións maxistrais. As datas e hora de realización de devanditas probas será comunicada ao alumnado con anticipación suficiente a través da plataforma docente e na propia aula. O alumnado deberá contar cun computador portátil ou teléfono móvil que permita a conexión á plataforma	20	B7 B9 B11	C1
Informe de prácticas	Despois de realizar cada sesión práctica (TIC e de laboratorio), o alumno prácticum e prácticas deberá entregar un informe onde se inclúan os resultados dos ensaios externas realizados así como as respuestas ás preguntas expostas.	10	B6 B7 B9 B11	C1 C4 C7
Exame de preguntas obxectivas	Nas datas previstas polo centro realizarase unha proba escrita. Neste exame avaliarase o coñecemento que o alumnado adquiriu dos conceptos presentados nas clases de teoría, a través de preguntas curtas, exercicios, etc.	30	B7 B9 B11	C1
Presentación	Presentación oral na que cada alumno (ou pequeno grupo, dependendo do número de alumnos) presenta e defende ante o profesor e os seus compañeiros o proxecto levado a cabo. O alumno deberá explicar os pasos seguidos en cada unha das etapas de desenvolvemento do proxecto, demostrando os coñecementos e habilidades adquiridas. Ao finalizar da exposición, deberá responder as preguntas formuladas polo profesorado e o resto do alumnado. Esta exposición e defensa será avaliada de acordo cunha rúbrica previamente publicada.	40	C1 C4 C7	D7

Outros comentarios sobre a Avaliación

- **Avaliación continua:** (será o sistema de evaluación preferente): Consta de diversas pruebas que se desarrollarán a lo largo del período de impartición de la docencia, y una prueba escrita que se realizará en la fecha oficial de la **1ª oportunidad de examen**, tal como se indica en la tabla anterior, en la que se recoge la porcentaje de cada prueba en la calificación final. Como resumo:

- Autoevaluación: 20%
- Informe de prácticas: 10%
- Defensa del proyecto realizado: 40%
- Examen escrito: 30%

- El alumnado que siga el procedimiento de evaluación continua **deberá participar obligatoriamente en la totalidad de las actividades** indicadas anteriormente, siendo su calificación final la suma de las puntuaciones obtenidas en cada una de las pruebas, con ponderación recogida en la tabla anterior. Para superar la evaluación continua de la materia deberá obtener una calificación igual o superior a 5 puntos sobre 10.

- En los **casos excepcionales** en los que un alumno o alumna no pueda participar en alguna sesión puntual de las actividades anteriores, el profesorado acordará con el estudiante una actividad o prueba alternativa, que le permita continuar con el desarrollo de la materia sin perjudicar el procedimiento de evaluación.

- El alumnado que deba acogerse a la **segunda oportunidad de evaluación** conservará la calificación obtenida en las pruebas de autoevaluación y en los informes de prácticas (30%), pero deberán realizar un examen escrito con preguntas objetivas que evaluarán los contenidos teóricos de la materia. (30% de la nota final) y realizar la presentación del proyecto (40%). El examen tendrá lugar en la fecha oficial establecida en el centro.

Avaliación Global: Aqueles/as alumnos/as que no deseen acogerse al procedimiento de evaluación continua, deberán seguir el **procedimiento de renuncia a evaluación continua** establecido por la dirección de la EEI, cumpliendo los plazos fijados en el centro. En este caso, tanto en la primera como en la segunda edición, la evaluación se realizará mediante un único examen escrito (50 % de la nota final) y la defensa de un proyecto integral de análisis, diseño, fabricación y caracterización (50 % de la nota final) seleccionado entre los propuestos por el profesorado. La prueba se realizará en las fechas oficiales establecidas en el centro. Para superar la evaluación global, deberán alcanzar una calificación mínima de 5 sobre 10.

Convocatoria Extraordinaria: realizarase segundo o sistema de avaliação global anteriormente descrito, na data oficial determinada polo centro. Compromiso ético: Espérase que o alumno presente un comportamento ético axeitado, de acordo co código ético da Universidade de Vigo e da EEI. Segundo o artigo 42.1 do *Regulamento sobre a avaliação, a cualificación e a calidad da docencia e do proceso de aprendizaxe do estudiantado da Universidade de Vigo*, (Aprobado no claustro do 18 de abril de 2023): "A actuación fraudulenta en calquera proba de avaliação implicará a cualificación de cero (suspenso) na acta da oportunidade de avaliação da convocatoria correspondente, iso con independencia do valor que sobre a cualificación global desta tivese a proba en cuestión e sen prexuízo das posibles consecuencias de índole disciplinaria que poidan producirse".

AVISO: No caso de discrepancia ou inconsistencia na información contida nas distintas versións lingüísticas desta guía, prevalecerá a versión editada en castelán.

Bibliografía. Fontes de información

Bibliografía Básica

Pedro A. Carrión Pérez, **Modelado y simulación : ingeniería biomédica**, 978-84-8427-689-0, Universidad de Castilla-La Mancha, 2010

Lee, Huei-Huang, **Finite element simulations with ANSYS Workbench 19 : theory, applications, case studies**, Mission, KS : SDC Publications, 2018

Madenci, Erdogan, **The finite element method and applications in engineering using ANSYS**, New York : Springer, cop, 2015

Damir Godec, Joamin Gonzalez-Gutierrez, Axel Nordin, Eujin Pei, Julia Ureña Alcázar, **A Guide to Additive Manufacturing**, Springer, 2022

Sheku Kamara, K. S. Faggiani, Ed., **Fundamentals of Additive manufacturing for the practitioner**, Wiley, 2021

Venina dos Santos, Rosmary Nichele Brandalise, Michele Savaris, **Engineering of Biomaterials**, Springer, 2017

William Wagner, Shelly Sakiyama-Elbert, Guigen Zhang, Michael Yaszemski, Eds, **Biomaterials Science An Introduction to Materials in Medicine**, 9780128161371, 4th Edition, Academic Press, Elsevier, 2020

Bibliografía Complementaria

Ugo Andreadus, Daniela Iacoviello, Eds., **Biomedical Imaging and Computational Modeling in Biomechanics**, 94-007-4269-X, Springer, 2013

William Murphy, Jonathan Black, Garth Hastings Eds., **Handbook of Biomaterial Properties**, Springer, 2016

Roger Narayan, Ed., **Rapid prototyping of biomaterials : principles and applications**, Philadelphia, PA : Woodhead Pub, 2014

Roger Narayan, Ed. Atul Babbar, Ankit Sharma, Vivek Jain, and Dheeraj Gupta, Eds., **Additive manufacturing processes in biomedical engineering : advanced fabrication methods and rapid tooling techniques**, CRC Press, 2023

Recomendacións

Materias que continúan o temario

Prácticas externas/V04M196V01205

Traballo Fin de Máster/V04M196V01206

Materias que se recomienda cursar simultaneamente

Aplicacións en automoción/V04M196V01201

Outros comentarios

Recoméndase que o alumnado teña aprobado ou, cando menos cursado, as materias correspondentes a o primeiro cuadrimestre