



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

**Memorias del Programa
de Redes-I3CE de calidad,
innovación e investigación
en docencia universitaria**

Convocatoria
2020-21

**Memòries del Programa
de Xarxes-I3CE de qualitat,
innovació i investigació
en docència universitària**

Convocatòria
2020-21



Satorre Cuerda, Rosana (Coordinación)
Menargues Marcilla, María Asunción; Díez Ros, Rocío; Pellín Buades, Neus (Eds.)

UA

UNIVERSITAT D'ALACANT
UNIVERSIDAD DE ALICANTE

Vicerectorat de Transformació Digital
Vicerrectorado de Transformación Digital
Institut de Ciències de l'Educació
Instituto de Ciencias de la Educación

Memorias del Programa de Redes-I3CE de calidad, innovación e investigación en docencia universitaria. Convocatoria 2020-21 / Memòries del Programa de Xarxes-I3CE de qualitat, innovació i investigació en docència universitària. Convocatòria 2020-21

Organització: Institut de Ciències de l'Educació (Vicerectorat de Transformació Digital) de la Universitat d'Alacant/ *Organización: Instituto de Ciencias de la Educación (Vicerrectorado de Transformación Digital) de la Universidad de Alicante*

Edició / *Edición*: Rosana Satorre Cuerda (Coord.), Asunción Menargues Marcillas, Rocío Díez Ros, Neus Pellin Buades

Revisió i maquetació: ICE de la Universitat d'Alacant/ *Revisión y maquetación: ICE de la Universidad de Alicante*

Primera edició / *Primera edición*: desembre 2021/ diciembre 2021

© De l'edició/ *De la edición*: Rosana Satorre Cuerda, Asunción Menargues Marcillas, Rocío Díez Ros & Neus Pellin Buades

© Del text: les autores i autors / *Del texto: las autoras y autores*

© D'aquesta edició: Universitat d'Alacant / *De esta edición: Universidad de Alicante*

ice@ua.es

Memorias del Programa de Redes-I3CE de calidad, innovación e investigación en docencia universitaria. Convocatoria 2020-21 / Memòries del Programa de Xarxes-I3CE de qualitat, innovació i investigació en docència universitària. Convocatòria 2020-21 © 2021 by Universitat d'Alacant / Universidad de Alicante is licensed under [CC BY-NC-ND 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/) 

ISBN: 978-84-09-34941-8

Qualsevol forma de reproducció, distribució, comunicació pública o transformació d'aquesta obra només pot ser realitzada amb l'autorització dels seus titulars, llevat de les excepcions previstes per la llei. Adreceu-vos a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necessiteu fotocopiar o escanejar algun fragment d'aquesta obra. / *Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra sólo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.*

Producció: Institut de Ciències de l'Educació (ICE) de la Universitat d'Alacant / *Producción: Instituto de Ciencias de la Educación (ICE) de la Universidad de Alicante*

Aquesta publicació s'ha fet seguint les directrius d'accessibilitat UNE-EN 301549:2020 / Esta publicación se ha hecho siguiendo las directrices de accesibilidad UNE-EN 301549:2020.

EDITORIAL: Les opinions i continguts dels treballs publicats en aquesta obra són de responsabilitat exclusiva de les autores i dels autors. / *Las opiniones y contenidos de los trabajos publicados en esta obra son de responsabilidad exclusiva de las autoras y de los autores.*

49.INTERMAT X (red de investigación INTERdisciplinar en MATeriales X)

L.P. Maiorano Lauría¹; N. Verdú Molina²; C. Sabater Piqueres³; M.R. Calvo Urbina⁴; C. Untiedt Lecuona⁵; M.J. Caturla Terol⁶; M. Martínez Escandell⁷; J.A. Pons Botella⁸; J. Silvestre Albero⁹; J.M. Villalvilla Soria¹⁰; J.M. Molina Jordá¹¹

[1lucila.maiorano@ua.es](mailto:lucila.maiorano@ua.es); [2nvm21@alu.ua.es](mailto:nvm21@alu.ua.es); [3carlos.sabater@ua.es](mailto:carlos.sabater@ua.es);

[4reyes.calvo@ua.es](mailto:reyes.calvo@ua.es); [5untiedt@ua.es](mailto:untiedt@ua.es); [6maria.caturla@gmail.com](mailto:maria.caturla@gmail.com);

[7manolo.m@ua.es](mailto:manolo.m@ua.es); [8ose.pons@ua.es](mailto:ose.pons@ua.es); [9joaquin.silvestre@ua.es](mailto:joaquin.silvestre@ua.es);

[10jmvs@ua.es](mailto:jmvs@ua.es); [11jmmj@ua.es](mailto:jmmj@ua.es)

^{1,2,3,4,5,6,7,9,10,11}Instituto Instituto Universitario de Materiales de Alicante, Universidad de Alicante

^{3,4,5,6,8,10}Departamento de Física Aplicada, Universidad de Alicante

^{1,7,9,11}Departamento de Química Inorgánica, Universidad de Alicante

Resumen

Las dificultades en la comprensión de los conceptos necesarios para la correcta interpretación de la relación estructura-propiedades en los materiales compuestos en estudiantes de las asignaturas de “Sólidos Inorgánicos” (2º curso del Grado en Química), “Ciencia de los Materiales” (4º curso del Grado en Química) y “Ciencia de Materiales” (4º curso del Grado en Física) de la Universidad de Alicante, han supuesto el foco de atención para los participantes del presente proyecto. En la red INTERMAT X (red de investigación INTERdisciplinar en MATeriales), se evaluó la posibilidad de incorporar dichos conceptos, hasta ahora impartidos únicamente en clases teóricas, a la enseñanza experimental mediante el diseño y puesta en marcha de unas prácticas de laboratorio. En estas se plantea la utilización de la

tecnología de impresión 3D para la fabricación y caracterización mecánica de materiales compuestos junto con la simulación computacional como apoyo conceptual. Los resultados de la experiencia indicaron un alto grado de éxito, observándose un aumento del aprendizaje, y por tanto, del rendimiento académico del estudiantado. La experiencia educativa, con un 33% de carácter presencial y un 67% de carácter virtual, resultó ser una alternativa a las prácticas convencionales de alta presencialidad para su implementación en épocas de pandemia.

Palabras clave: materiales compuestos, propiedades mecánicas, simulación, impresión 3D, experiencia educativa.

1. Introducción

1.1 Problema o cuestión específica del objeto de estudio

La Ciencia de Materiales define los materiales compuestos (MCs) como aquellos que están conformados por dos o más materiales con características físicas o químicas diferentes con los que se consiguen combinaciones de propiedades que no es posible obtener con los materiales originales. En su forma más simple, los materiales compuestos están formados únicamente por dos fases: una fase continua denominada matriz y otra dispersa conocida como refuerzo. Cada una de ellas posee unas propiedades bien definidas: la matriz configura geoméricamente la muestra y da cohesión al material, mientras que el refuerzo suele tener la misión de proporcionar propiedades mecánicas. Los materiales compuestos destacan por demostrar, en general, excelentes prestaciones mecánicas, térmicas, eléctricas y ópticas.

En las asignaturas Sólidos Inorgánicos (2º curso del Grado en Química), Ciencia de los Materiales (4º curso del Grado en Química) y Ciencia de los Materiales (4º curso del Grado en Física), todas ellas impartidas en la Universidad de Alicante (Universidad de Alicante, 2021), se enseñan amplios

bloques temáticos relacionados con los materiales compuestos y sus propiedades mecánicas. Sin embargo, el profesorado responsable de dichas asignaturas ha constatado que el estudiantado presenta serias dificultades en la comprensión de la relación estructura-propiedades en los materiales compuestos, probablemente justificadas por la falta de herramientas que permitan un desarrollo del razonamiento visual y espacial que son necesarios para la comprensión holística de estos materiales. La incorporación de materiales compuestos a la enseñanza experimental se ha visto hasta el momento imposibilitada, ya que la fabricación convencional de materiales compuestos conlleva manipulaciones relativamente complejas, rigurosas y requieren de amplios tiempos de procesado, lo cual excede al marco de las prácticas en estas asignaturas. Así mismo, resultan caros para su adquisición como material de prácticas ya que su evaluación mecánica implica la realización de ensayos destructivos.

1.2 Revisión de la literatura

Con objeto de facilitar la comprensión de determinados conceptos relacionada con diversas áreas de los distintos niveles de enseñanza, numerosos autores señalaron la viabilidad de “materializarlos” mediante la moderna herramienta de impresión tridimensional (3D). Se demostró que esta herramienta permite al estudiantado visualizar y manipular objetos ya no en un papel, sino en tres dimensiones (Pinger et al., 2020), aumentando su capacidad de comprensión. En los últimos años, la impresión 3D se ha convertido en una tecnología altamente útil para la enseñanza, en concreto, en el campo de las ciencias aplicadas (Pinger et al., 2020; Renner & Griesbeck, 2020). La bibliografía refleja numerosos ejemplos de educadores que han recurrido a la impresión 3D para aumentar el aprendizaje de los estudiantes, como la visualización de prototipos de modelos y orbitales moleculares (Meyer, 2015; Paukstelis, 2018; Penny et al., 2017), la interpretación del enlace atómico (Sabater et al., 2020) y el diseño e impresión de equipos, componentes de equipos y experimentos (Porter et al., 2016; Renner & Griesbeck, 2020; Schmidt, et al., 2018).

1.3 Propósitos u objetivos

Debido a las dificultades de comprensión que presentan los estudiantes de las asignaturas “Sólidos Inorgánicos” del Grado en Química, “Ciencia de Materiales” del Grado en Química y “Ciencia de Materiales” del Grado en Física, la red INTERMAT X focalizó sus esfuerzos en el desarrollo y puesta en marcha de una experiencia educativa que incorporase los materiales compuestos a la enseñanza experimental. El propósito de la red fue mejorar el aprendizaje y, por tanto, el rendimiento académico del estudiantado de dichas asignaturas en lo referente a conceptos relativos a materiales compuestos y su relación estructura-propiedades. Con el fin de alcanzar este propósito, se establecieron los siguientes objetivos específicos:

- i) utilizar el software FreeCAD, para diseñar y predecir las propiedades mecánicas de los materiales compuestos;
- ii) utilizar el software Cura y la tecnología de impresión 3D para obtener los modelos tridimensionales (materiales compuestos)
- iii) realizar la caracterización mecánica experimental de los materiales fabricados mediante flexión a tres puntos;
- iv) llevar a cabo un análisis crítico y comparativo de los resultados experimentales y predichos;
- v) evaluar el grado de éxito de la experiencia educativa.
- vi) evaluar la posible integración de un guion de prácticas con un 33% de actividades presenciales al plan de estudios de las asignaturas mencionadas.

2. Método

2.1. Descripción del contexto y de los participantes

La experiencia educativa desarrollada en el marco del presente proyecto fue llevada a cabo por un grupo de participantes pertenecientes a dos departamentos de la Universidad de Alicante relacionados directamente con las asignaturas que tratan los conceptos objeto de estudio: el Departamento de

Química Inorgánica y el Departamento de Física Aplicada. Esta red presentaba, por tanto, un carácter multidisciplinar que permitió aunar las diversas experiencias del profesorado sobre la situación a abordar, así como la visión de dos estudiantes. De este modo, la red contaba con: una estudiante de doctorado de Ciencia de Materiales de la Universidad de Alicante (LPML), una estudiante de máster de Ciencia de Materiales de la misma universidad (NVM), seis profesores del Departamento de Física Aplicada (CSP; MRCU; CUL; MJCT; JAPB y JMVS) y tres profesores del Departamento de Química Inorgánica (MME; JSA y JMMJ). Así mismo, la experiencia fue puesta en marcha con la participación de 22 estudiantes voluntarios matriculados en las tres asignaturas durante el curso académico 2020-2021.

2.2. Instrumento utilizado para evaluar la experiencia educativa

Los resultados obtenidos en el presente proyecto se evaluaron mediante la utilización de diversos instrumentos. Estos se detallan a continuación:

- software libre FreeCAD: necesario para el diseño de materiales compuestos y la predicción de sus propiedades mecánicas;
- impresora 3D BIBO 2 y software libre Cura: utilizados para la fabricación de los materiales diseñados;
- instrumento de medición (equipo de ensayos universal) Instron 4411: utilizado para la caracterización mecánica por flexión a 3 puntos de los materiales fabricados;
- herramienta TIC interactiva Kahoot: empleada para la evaluación objetiva de la experiencia educativa, mediante la cual se realizaron cuestionarios a los estudiantes antes y después de la experiencia;
- encuestas de satisfacción: (de carácter subjetivo) realizadas para valorar la opinión del estudiantado implicado en el desarrollo de las prácticas.

2.3. Descripción de la experiencia

Con el fin de desarrollar una experiencia educativa exitosa, los participantes del proyecto de investigación docente recurrieron a reuniones virtuales por Google Meet coordinadas por JMMJ. Estas se llevaron a cabo mensualmente con una duración de aproximadamente 2 horas, en las que se expusieron los detalles de la experiencia, así como la evolución de la misma. Nuevamente, el carácter multidisciplinar del equipo de la red permitió llevar a cabo el procedimiento que se detalla a continuación.

2.3.1. Formación del profesorado encargado del desarrollo experimental

Para el desarrollo de la práctica en el laboratorio, seis de los participantes de la red tuvieron que adquirir los conocimientos básicos de uso de los diversos instrumentos mencionados anteriormente. Se emplearon 3 semanas de formación en cursos de FreeCAD a través de plataformas virtuales como YouTube, apoyados por la experiencia de uno de los implicados (CSP). Por otro lado, el profesorado contó con los conocimientos sobre Cura e impresión 3D de uno de sus integrantes (MRCU), quien proporcionó sesiones formativas a sus compañeros durante una semana. Así mismo, fue necesaria una semana de aprendizaje dirigida por el participante JMMJ sobre la utilización de la máquina de ensayos y la caracterización de los materiales fabricados. Los participantes NVM y LPML adquirieron los roles de coordinación en estas actividades de formación.

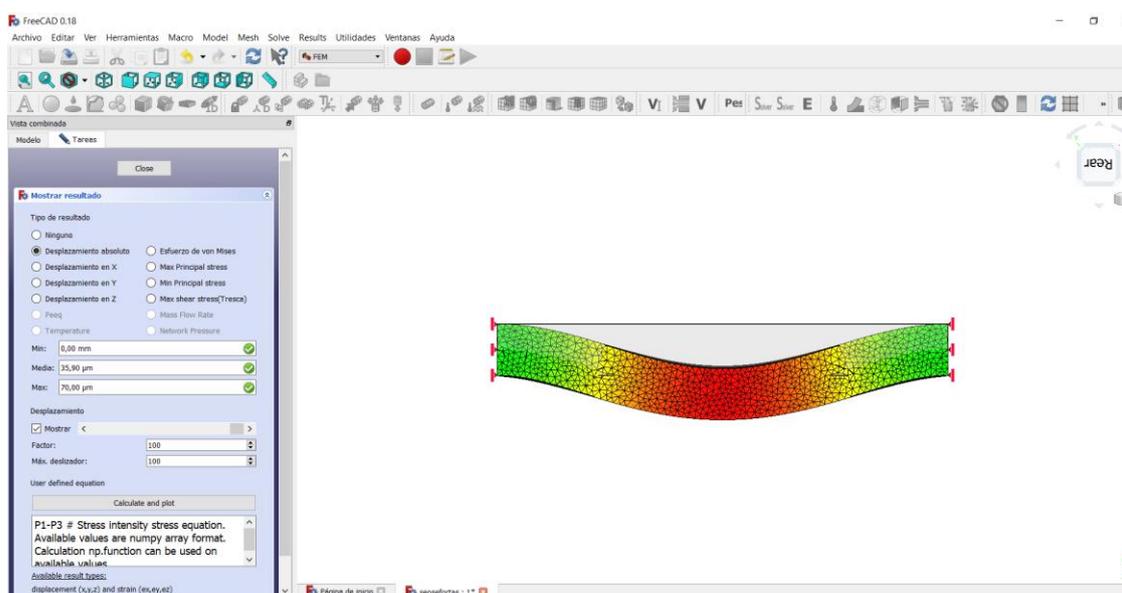
2.3.2. Diseño de la experiencia educativa

- Diseño de materiales compuestos y predicción de sus propiedades mecánicas

Atendiendo a la definición de material compuesto, se diseñaron probetas que combinaban las propiedades de dos polímeros: el PLA (ácido poliláctico) de elevada rigidez y el TPU (poliuretano termoplástico) de alta flexibilidad,

mediante la utilización del software libre FreeCAD. El conocimiento de las propiedades de estos dos polímeros permitió, además, predecir sus propiedades mecánicas cuando son combinados como materiales compuestos mediante simulación computacional, tal como se observa en la Figura 1.

Figura 1. Ejemplificación de una simulación de flexión a 3 puntos llevada a cabo con el programa de acceso libre FreeCAD.



La Figura 2 recoge los diseños de las probetas de referencia (PLA y TPU) y de diversos materiales compuestos propuestos por combinación de ambos. Estos presentan una matriz generada con PLA combinada con un refuerzo de TPU y viceversa. El refuerzo se presenta en distintas disposiciones dentro de la matriz -barras-, de modo que la fracción de volumen de este se mantiene constante (Tabla 1).

Figura 2. Vista frontal (a) y en perspectiva (b) de los materiales propuestos, donde R representa las probetas de material de referencia y MC las de material compuesto.

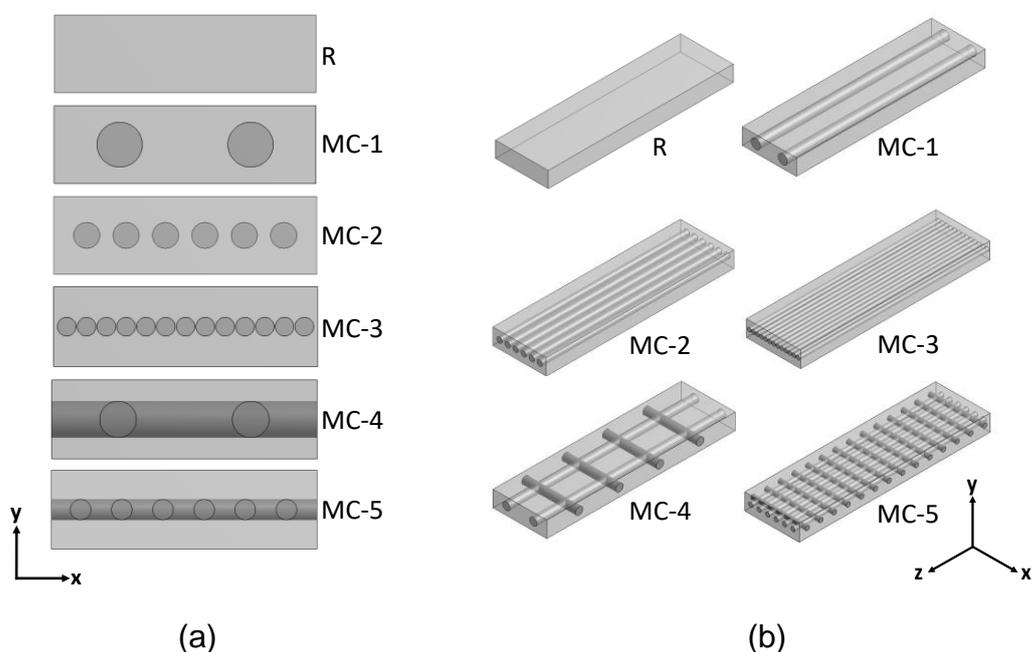


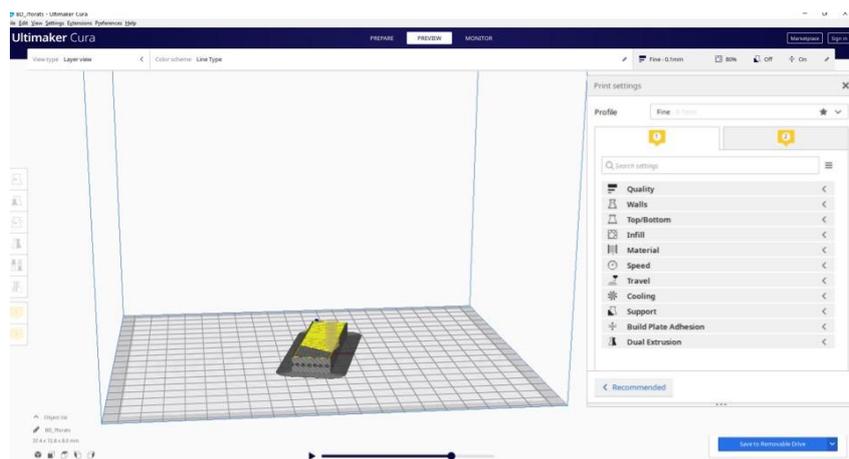
Tabla 1. Dimensiones de los materiales propuestos (modelos 3D) , siendo a el ancho, b el espesor y c la longitud de las probetas. Las barras pueden estar dispuestas longitudinalmente -dirección z- y transversalmente -dirección x-.

Material	axbxc (mm)	Diámetro barra (mm)	nº barras long.	nº barras trans.
R	20x8x70	-	-	-
MC-1	20x8x70	3.50	2	-
MC-2	20x8x70	2.00	6	-
MC-3	20x8x70	1.42	12	-
MC-4	20x8x70	2.78	2	4
MC-5	20x8x70	1.56	6	14

- Impresión 3D y caracterización mecánica de los materiales compuestos

La Figura 3a recoge una captura de pantalla de la interfaz del programa de libre acceso Cura. Este permitió ejecutar la impresora 3D de dos cabezales (Figura 3b), la cual contaba con una cámara web acoplada. A continuación, se procedió a la caracterización mecánica por flexión a 3 puntos con una máquina universal de ensayos de las probetas fabricadas. Algunas de estas probetas se muestran en la Figura 3c.

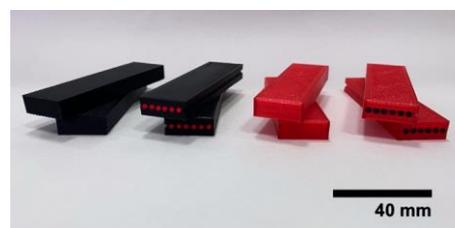
Figura 3. (a) Interfaz del programa de libre acceso Cura. (b) es una fotografía de la impresora 3D de dos cabezales BIBO 2 utilizada y (c) es una fotografía de algunas probetas impresas (de izquierda a derecha: R de PLA, MC-2 de matriz PLA con refuerzo TPU, R de TPU y MC-2 de matriz TPU con refuerzo PLA).



(a)



(b)



(c)

- Diseño del guion de prácticas, plan de evaluación y puesta en marcha de la práctica

Uno de los aspectos más cuestionados a lo largo del desarrollo del proyecto fue el carácter virtual o presencial que se pretendía otorgar a las prácticas propuestas. Puesto que uno de los principales objetivos del proyecto consistía en adaptarse, en la medida de lo posible, a la actual o futura situación sanitaria por Covid 19, las prácticas debían diseñarse de forma que permitiesen la mínima presencialidad posible. Para la confección de un guion de prácticas se contemplaron diversas variables: tiempo requerido por cada estudiante para comandar la impresora 3D desde casa, necesidad de contar con personal disponible para la extracción de cada probeta impresa y reanudar la cola de impresión, cronograma de recogida de muestras por los estudiantes en la sala de impresión para la realización de los ensayos mecánicos y tiempos necesarios para ejecutar cada actividad de la práctica. Las reuniones entre los participantes de la red permitieron el desarrollo de un guion de prácticas que contaba con 3 sesiones de 3 horas cada una, con un 33% de carácter presencial y un 66% virtual (Figura 4).

Figura 4. Cronograma y carácter de las actividades propuestas en el guion de prácticas.

Actividad	carácter	Sesión 1 (23/02/21)			Sesión 2 (02/03/21)			Sesión 3 (03/03/21)		
		1º h	2º h	3º h	4º h	5º h	6º h	7º h	8º h	9º h
Simulación con <u>FreeCAD</u> e impresión 3D con Cura	virtual									
	virtual									
	virtual									
Recogida de muestra y medida experimental	presencial									
Análisis comparativo experimental y simulado	virtual									

Con objeto de evaluar la experiencia, se estimó conveniente la realización de dos cuestionarios, uno previo (C1) y otro posterior (C2) al desarrollo de la práctica de laboratorio, y una encuesta de satisfacción. Los cuestionarios se

llevaron a cabo con la herramienta TIC interactiva Kahoot. Por otro lado, la encuesta de satisfacción (Tabla 2) se realizó de manera virtual al finalizar la práctica. La Figura 5 esquematiza la secuencia de actividades, incluyendo las evaluativas, que llevaron a cabo los estudiantes.

Tabla 2. Encuesta de satisfacción realizada por los estudiantes participantes,

Uso de la herramienta FreeCAD

1. La herramienta predictiva FreeCAD es sencilla de manejar y estimula mi pensamiento crítico y autónomo.
2. El uso de la simulación computacional ha favorecido significativamente mi aprendizaje.
3. Me gustaría que en otras asignaturas del grado en Química/Física se incorporara el trabajo con herramientas de simulación computacional.

Trabajo experimental con modelos 3D

4. La visualización y manipulación de los modelos 3D me ayuda a comprender los conceptos tratados en las clases teóricas.
5. El análisis de las propiedades mecánicas de modelos 3D en el laboratorio me permite reforzar los conceptos tratados en las clases teóricas.
6. Me gustaría que en otras asignaturas del grado en Química/Física se incorporara el trabajo experimental con modelos 3D.

Interacción con los compañeros

7. En la sesión presencial de prácticas se crea un clima distendido de trabajo en grupo.
8. El uso de FreeCAD en la sesión virtual de prácticas fomenta que mantenga un clima de diálogo con mis compañeros en mi preparación individual.
9. La discusión sobre la tasa de éxito entre las propiedades mecánicas simuladas y las medidas experimentalmente han favorecido la interacción con mis compañeros.

Figura 5. Esquema de la secuencia de actividades llevadas a cabo por el estudiantado.



Una vez finalizadas las actividades preparatorias, se procedió con la puesta en marcha de la práctica. Todas las actividades llevadas a cabo a lo largo del presente proyecto como las de formación, diseño e impresión de materiales, entre otras, se desarrollaron durante el transcurso de aproximadamente 6 meses. Estas se recogen en la Figura 6 (véase que las reuniones de los participantes de la red no se incluyen en el cronograma ya que se realizaron en sesiones online de manera sistemática cada mes).

Figura 6. Cronograma de las actividades realizadas durante la presente experiencia educativa, donde ED y ES son los equipos de diseño de la experiencia y de estudiantes, respectivamente.

Actividad	Desarrollo temporal (fechas en formato día/mes/año)						
	09/09/20	14/10/20	28/10/20	04/11/20	14/12/20	14/01/20	22/02/21
Formación profesorado	ED						
Diseño de MCs y simulación	ED						
Impresión 3D y caracterización	ED						
Diseño guion de prácticas	ED						
Plan de evaluación	ED						
Puesta en marcha de la práctica	ED y ES						
C1: Cuestionario 1 (22/02/21)	ED y ES						
DP: Desarrollo práctica-sesión 1, 2 y 3 Tabla 3	ED y ES						
C2: Cuestionario 2 (04/03/21)	ED y ES						
ES: Encuesta satisfacción (04/03/21)	ED y ES						

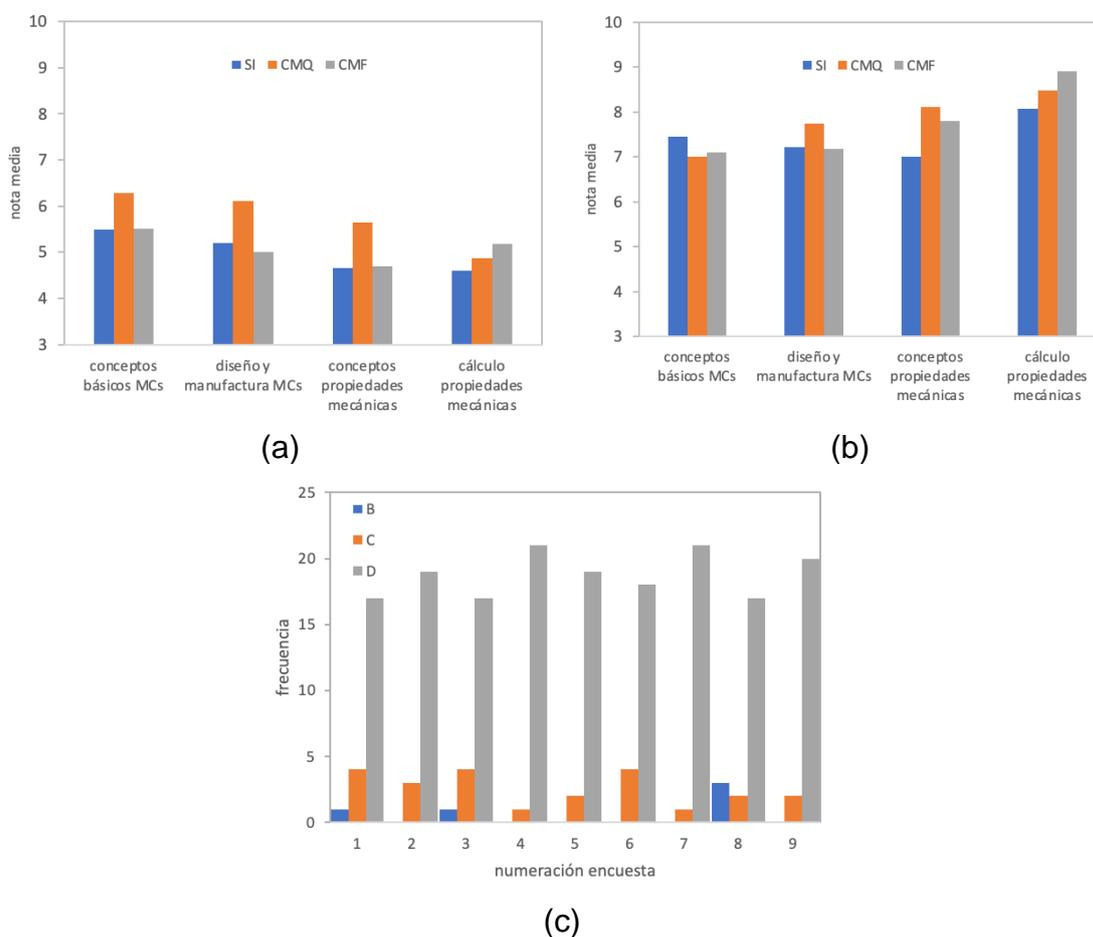
3. Resultados

Los resultados del cuestionario previo (C1) y posterior (C2) al desarrollo de la práctica obtenidos por el estudiantado de las asignaturas SI, CMQ y CMF, realizados mediante la herramienta TIC interactiva Kahoot, se presentan en la Figura 7a y 7b, respectivamente. En dichos cuestionarios se evaluaron 4 bloques de conceptos: i) conceptos básicos de materiales compuestos, ii) diseño y manufactura de materiales compuestos, iii) propiedades mecánicas de materiales compuestos y iv) cálculo de propiedades mecánicas. Estos cuestionarios constaban de 20 cuestiones, 5 por cada bloque, con formato respuesta múltiple o tipo verdadero/falso y se evaluaron sobre una calificación máxima de 10 puntos. Por otro lado, la Figura 7c detalla los resultados de la encuesta de satisfacción realizada por los estudiantes donde valoran la experiencia.

La Figura 7a y 7 b permiten evaluar la eficacia de la experiencia educativa llevada a cabo. Resulta evidente que los conocimientos previos de los estudiantes relativos a materiales compuestos adquiridos en clases teóricas son insuficientes (con calificaciones medias que, en algunos casos, apenas superan un valor de 6 - Figura 7a). El análisis de los resultados presentados en la Figura 7b indica una notable mejora en el 100% de los casos evaluados tras

la realización de la práctica, obteniéndose calificaciones en un intervalo de 7 a 9. Los participantes de la red verificaron, por tanto, la mejora sustancial que ofrece la incorporación de la enseñanza experimental en las clases teóricas de las asignaturas aquí planteadas. Tal y como reporta (Pinger, Geiger, & Spence, 2020), los conceptos teóricos complementados con desarrollos prácticos permiten al estudiantado visualizar, manipular y experimentar con los objetos de estudio, mejorando así la comprensión de los mismos y aumentando significativamente el rendimiento académico del estudiantado.

Figura 7. Calificaciones medias por bloques conceptuales obtenidas en el cuestionario previo C1 (a) y posterior C2 (b) a la realización de la práctica de los estudiantes de Sólidos Inorgánicos -SI-, Ciencia de los Materiales del Grado en Química -CMQ- y Ciencia de los Materiales del Grado en Física -CMF-; (c) valoraciones de las encuestas realizadas por los estudiantes, siendo: A -muy en desacuerdo-, B -en desacuerdo, C -de acuerdo- y D -muy de acuerdo-.



El análisis de la encuesta de valoración también resultó de gran interés para el profesorado puesto que se pretende integrar el guion de prácticas y sus actividades en los planes de estudios de estas. Los estudiantes se mostraron, en su mayoría, muy de acuerdo con las actividades realizadas afirmando, una vez más, las ventajas de incorporar sesiones de prácticas a la enseñanza teórica relativa a materiales compuestos y sus propiedades mecánicas (Figura 7c).

Por otro lado, los participantes de la red llevaron a cabo un análisis didáctico de la experiencia. Para ello, se valoraron diferentes categorías didácticas, entre las que se incluyen: contenidos y modo de presentarlos, el discurso narrativo, los desafíos cognitivos implicados, las estrategias de enseñanza aprendizaje, y una valoración de las acciones de cooperatividad y colaboratividad entre los estudiantes durante la realización de estas prácticas. De la experiencia educativa y el análisis didáctico resultó el trabajo enviado a publicar a la editorial Octaedro en el marco de su edición especial para las “XIX Jornadas de Investigación Departamental en Docencia Universitaria – REDES 2021 y IV Workshop Internacional de Innovación en Enseñanza Superior y TIC-INNOVAESTIC 2021”, organizado por el Instituto de Ciencias de la Educación de la Universidad de Alicante, titulado “Integración de herramientas de impresión 3D y simulación en la enseñanza experimental de los materiales compuestos”. Adicionalmente también se participó con una contribución oral en el marco del evento mencionado.

4. Conclusiones

La presente memoria detalla las actividades desarrolladas en el marco del proyecto de Redes para la mejora de la calidad docente en asignaturas o cursos específicos, promovido por la Universidad de Alicante. En su X edición, la red INTERMAT (red de Investigación INTERdisciplinar en MATeriales) presentó, nuevamente, resultados concluyentes de su investigación con un alto grado de éxito. La experiencia educativa desarrollada permitió llegar a las siguientes conclusiones: i) la integración de metodologías de enseñanza experimental refuerza, complementa y pone en valor el marco teórico de

asignaturas de elevado contenido teórico o abstracto; ii) la utilización de herramientas de impresión 3D, combinadas con herramientas que permiten su comando a distancia, y la integración de herramientas de simulación predictiva ha permitido a los estudiantes diseñar, fabricar, visualizar, manipular y experimentar con materiales compuestos, de forma que no sólo se ha mejorado notablemente el proceso de enseñanza-aprendizaje sino que, además, éste se consigue mediante procesos de interacción que van más allá de la cooperatividad y pueden definirse en términos de procesos colaborativos. El alto grado de éxito obtenido con la experiencia se refleja en la contribución oral aportada a las “XIX Jornadas de Redes de Investigación en Docencia Universitaria- REDES 2021 y IV Workshop Internacional de Innovación en Enseñanza Superior y TIC- INNOVAESTIC 2021”, así como el trabajo enviado a publicar a la edición especial de la editorial Octaedro asociada a este evento con título “Integración de herramientas de impresión 3D y simulación en la enseñanza experimental de los materiales compuestos”.

5. Tareas desarrolladas en la red

Participante de la red	Tareas que desarrolla
LUCILA PAOLA MAIORANO LAURÍA	Principal autora del trabajo “Integración de herramientas de impresión 3D y simulación en la enseñanza experimental de los materiales compuestos”
NOELIA VERDÚ MOLINA	Coautora del trabajo “Integración de herramientas de impresión 3D y simulación en la enseñanza experimental de los materiales compuestos”
CARLOS SABATER PIQUERES	Coautor del trabajo “Integración de herramientas de impresión 3D y simulación en la enseñanza experimental de los materiales compuestos”

MARÍA REYES CALVO URBINA	Coautora del trabajo “Integración de herramientas de impresión 3D y simulación en la enseñanza experimental de los materiales compuestos”
CARLOS UNTIEDT LECUONA	Miembro activo en las reuniones de seguimiento. Apoyo en los planes estratégicos de intervención con el alumnado.
MARÍA JOSÉ CATURLA TEROL	Miembro activo en las reuniones de seguimiento. Apoyo en los planes estratégicos de intervención con el alumnado.
MANUEL MARTÍNEZ ESCANDELL	Miembro activo en las reuniones de seguimiento. Apoyo en los planes estratégicos de intervención con el alumnado.
JOSÉ ANTONIO PONS BOTELLA	Miembro activo en las reuniones de seguimiento. Apoyo en los planes estratégicos de intervención con el alumnado.
JOAQUÍN SILVESTRE ALBERO	Miembro activo en las reuniones de seguimiento. Apoyo en los planes estratégicos de intervención con el alumnado.
JOSÉ MOISÉS VILLALVILLA SORIA	Miembro activo en las reuniones de seguimiento. Apoyo en los planes estratégicos de intervención con el alumnado.
JOSÉ MIGUEL MOLINA JORDÁ	Coordinador de reuniones y trabajos de investigación, elaboración de actas de las reuniones. Coautor del trabajo “Integración de herramientas de impresión 3D y simulación en la enseñanza experimental de los materiales compuestos”.

6. Referencias bibliográficas

- Campos, A.L. (2010). Neuroeducación: uniendo las neurociencias y la educación en la búsqueda del desarrollo humano. *La educación* 153 1-14.
- Meyer, S. C. (2015). 3D Printing of Protein Models in an Undergraduate Laboratory: Leucine Zippers. *Journal of Chemical Education*, 92(12), 2120-2125. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b00207>
- Panitz, T. (1997). Collaborative Versus Cooperative Learning: Comparing the Two Definitions Helps Understand the nature of Interactive learning, *Cooperative Learning and College Teaching* 8 (2).
- Paukstelis, P. J. (2018). MolPrint 3D: Enhanced 3D Printing of Ball-and-Stick Molecular Models. *Journal of Chemistry Education*, 95(1), 169-172. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00549>
- Penny, M. R., Cao, Z. J., Patel, B., Sil, B., Asquith, C. M., Szulc, B. R., Rao, Z. X., Muwaffak, Z.; Malkinson, J. P., & Hilton, S. T. (2017). Three-Dimensional Printing of a Scalable Molecular Model and Orbital Kit for Organic Chemistry Teaching and Learning. *Journal of Chemical Education*, 94(9), 1265-1271. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.6b00953>
- Pinger, C. W., Geiger, M. K., & Spence, D. M. (2020). Applications of 3D-Printing for Improving Chemistry Education. *Journal of Chemistry Education*, 97(1), 112-117. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00588>
- Porter, L. A., Washer, B. M., Hakim, M. H., & Dallinger, R. F. (2016). User-Friendly 3D Printed Colorimeter Models for Student Exploration of Instrument Design and Performance. *Journal of Chemical Education*, 93(7), 1305-1309. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.6b00041>
- Renner, M., & Griesbeck, A. (2020). Think and Print: 3D Printing of Chemical Experiments. *Journal of Chemical Education*, 97(10), 3683-3689. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00416>
- Sabater Piqueres, C., Maiorano Lauria, L. P., & Molina Jorda, J. (2020). Desarrollo y uso de herramientas TIC interactivas y modelos por impresión 3D en el aprendizaje a nivel universitario del enlace atómico. En *La docencia en la*

Enseñanza Superior. Nuevas aportaciones desde la investigación e innovación educativas (págs. 1333-1343). Octaedro.

Schmidt, B., King, D., & Kariuki, J. (2018). Designing and Using 3D-Printed Components That Allow Students To Fabricate Low-Cost, Adaptable, Disposable, and Reliable Ag/AgCl Reference Electrodes. *Journal of Chemical Education*, 95(11), 2076-2080. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00512>

Universidad de Alicante. (2021). Obtenido de <https://www.ua.es/>