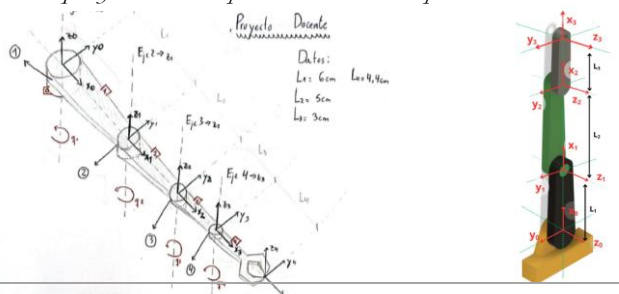
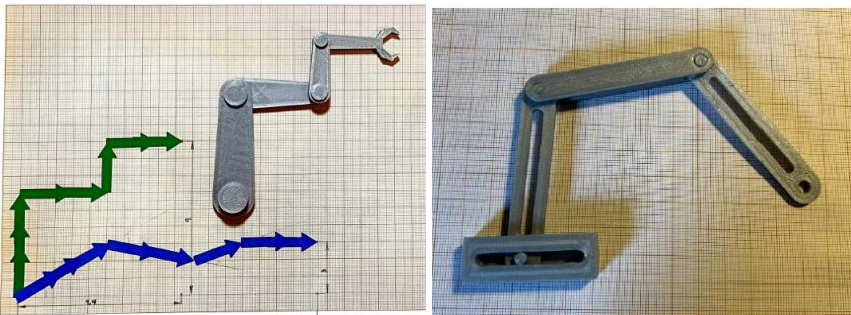


Anexo 2 INNOVA
MEMORIA FINAL. COMPROMISOS Y RESULTADOS
PROYECTOS DE INNOVACIÓN Y MEJORA DOCENTE
2025/2026

Identificación del proyecto	
Código	sol-202500299613-tra
Título	Integración del prototipado 3D en la docencia de mecánica mediante metodologías mixtas basadas en proyectos.
Responsable	Pablo Blázquez Carmona

1. Describa los resultados obtenidos a la luz de los objetivos y compromisos que adquirió en la solicitud de su proyecto. Incluya tantas tablas como objetivos contempló.

Objetivo nº 1	<i>Diseño y modelado de cadenas cinemáticas 2D</i>
Actividades que había previsto en la solicitud del proyecto:	<u>A1: Establecimiento de los requisitos cinemáticos y dimensionales del modelo.</u> En esta actividad se definirán el número mínimo y máximo de eslabones a emplear por el alumnado, los pares cinemáticos que los conectan, así como las dimensiones máximas del modelo. El tamaño final se ajustará en función del presupuesto concedido y del número de estudiantes matriculados, dado que influye directamente en el tiempo de impresión y en la cantidad de material disponible. <u>A2: Presentación y validación de croquis iniciales.</u> Antes de iniciar el modelado 3D, los estudiantes deberán presentar una propuesta preliminar del robot en formato de croquis. Estos se entregarán a través del Campus Virtual, y el profesorado proporcionará su validación mediante comentarios de retroalimentación. <u>A3: Modelado CAD del robot.</u> Una vez aprobados los croquis, el alumnado procederá al modelado en software CAD (CATIA o SolidWorks), utilizando las licencias disponibles en el Departamento. Los estudiantes, familiarizados previamente con estas herramientas por asignaturas anteriores, contarán con el acompañamiento del profesorado, tanto en sesiones prácticas como mediante tutorías individualizadas.
Actividades realizadas y resultados obtenidos:	Durante la primera semana de curso se constituyeron los grupos de trabajo del proyecto en una clase teórico-práctica de la asignatura. En esta sesión también se establecieron los límites para que los robots cupieran en la placa de impresión de la impresora 3D del departamento (BQ Prusa) y se redujera el consumo de material: 10 cm de longitud máxima por eslabón y un máximo de 4 eslabones. Durante las semanas 2-3, los alumnos presentaron al profesorado sus diseños preliminares y recibieron retroalimentación mediante tutorías individualizadas. Las principales dificultades surgieron en la segunda semana, cuando algunos alumnos no comprendían inicialmente que el robot debía presentar movimiento plano, es decir, que todos sus grados de movilidad se encontrasen en planos paralelos. Tras estas primeras propuestas, los alumnos realizaron correctamente el diseño en CAD empleando las licencias de SolidWorks del departamento (Dassault Systèmes, 200 licencias). Los diseños fueron entregados a través del Campus Virtual durante la semana 5 del curso. A continuación, se muestran algunos de los croquis y modelos 3D presentados en esta etapa inicial: 

Objetivo nº 2	<i>Impresión 3D, montaje de los modelos y realización de los experimentos</i>
Actividades que había previsto en la solicitud del proyecto:	<u>A4: Seminario sobre el uso del software CURA.</u> Durante una clase teórica, el profesorado impartirá un seminario introductorio sobre el manejo del software libre UltiMaker Cura. Se explicarán aspectos clave como la elección del diámetro de boquilla, configuración del relleno, uso de soportes, temperatura de impresión, entre otros. El alumnado deberá subir los archivos preparados al Campus Virtual para su revisión por el profesorado. <u>A5: Impresión de los modelos.</u> Los estudiantes coordinarán con el profesorado, según un calendario establecido, la impresión de sus modelos. Una vez completada la fabricación, recogerán las piezas en el laboratorio y procederán al montaje físico del robot. <u>A6: Resolución analítica de la cinemática.</u> En las clases de problemas se abordará la resolución analítica de casos similares a los diseñados por el alumnado, utilizando la metodología de Denavit-Hartenberg. Posteriormente, los estudiantes aplicarán esta técnica para resolver, de forma analítica, la cinemática directa o inversa de su propio robot. <u>A7: Validación experimental del modelo analítico.</u> En esta fase, se contrastarán experimentalmente los resultados analíticos. El alumnado comprobará cómo, al fijar diferentes posiciones articulares, el efector final alcanza las posiciones predichas por el modelo. Asimismo, validarán la cinemática inversa fijando posiciones del efector y verificando que las coordenadas articulares coinciden con las soluciones calculadas.
Actividades realizadas y resultados obtenidos:	Durante la mitad de una sesión teórico-práctica de la semana 6 se realizó una introducción al programa CURA. Los alumnos aprendieron a importar sus diseños en formato STL y a generar el código de impresión GCODE con los parámetros necesarios. Al finalizar la sesión, tuvieron que entregar el archivo correspondiente. Además, se realizó un sorteo para establecer el orden de impresión de los robots. La impresión se llevó a cabo con cada grupo en el Laboratorio de Ingeniería Mecánica de la ESI durante los 30 minutos previos a las clases de la asignatura de las semanas 7-12. Este proceso se prolongó más de lo previsto debido a errores en las tolerancias de diseño planteadas por algunos grupos, que dificultaron posteriormente el montaje de los robots. Finalmente, en una clase de la semana 13, y previo aviso a través del Campus Virtual, los alumnos llevaron los robots montados. Durante la primera parte de la sesión, resolvieron teórica y computacionalmente la cinemática de sus robots para obtener, para determinados valores articulares, la posición y orientación del efector final. En la segunda mitad de la clase, se les proporcionó papel milimetrado, pegatinas y útiles de medida para comprobar experimentalmente que dichas posiciones se alcanzaban al configurar las articulaciones según los valores obtenidos del modelo. A continuación, se muestran algunas fotografías de ejemplo: 
Objetivo nº 3	<i>Presentación y defensa de los proyectos</i>
Actividades que había previsto en la solicitud del proyecto:	<u>A8: Memoria del proyecto de evaluación continua.</u> El alumnado deberá entregar un informe final que recoja el trabajo desarrollado. Este documento incluirá tanto las tareas descritas en el marco de este proyecto de innovación docente, como los resultados computacionales obtenidos mediante MATLAB con un robot 3D más avanzado, tal como se viene haciendo en cursos anteriores. Cabe destacar que esta segunda parte no forma parte del proyecto de innovación, y por tanto no se aborda en detalle en esta memoria.

	<i>A9: Defensa oral de los trabajos. Los estudiantes presentarán y defenderán públicamente sus trabajos ante el profesorado y sus compañeros, fomentando la comunicación científica y el intercambio de ideas.</i>
Actividades realizadas y resultados obtenidos:	<i>Estas actividades se han desarrollado conforme a lo previsto en la solicitud. El alumnado ha elaborado y entregado una memoria final de los trabajos realizados el jueves 8 de enero de 2026, en la que se recoge el desarrollo del robot, el proceso de impresión y la validación experimental de la cinemática. Asimismo, el alumnado realizó las presentaciones y las defensas orales de los trabajos desarrollados en la clase teórico-práctica de la asignatura del 9 de enero de 2026, exponiendo ante el profesorado y sus compañeros tanto la metodología seguida como los principales resultados obtenidos. Esta actividad ha permitido complementar el trabajo escrito mediante la comunicación y discusión de los resultados, favoreciendo el desarrollo de competencias transversales.</i>

Objetivo nº 4	Análisis de resultados y divulgación científica
Actividades que había previsto en la solicitud del proyecto:	<i>A10: Realización de encuestas y análisis de resultados. Se aplicarán encuestas al alumnado al inicio y al final del curso, siguiendo el modelo incluido en el Anexo 2 de esta convocatoria. Además, se realizarán encuestas específicas con el fin de analizar en profundidad la experiencia y plantear mejoras para futuras ediciones del curso (2026/27).</i> <i>A11: Difusión de los resultados. Los resultados del proyecto se difundirán mediante contribuciones a congresos especializados y publicaciones digitales. Esta estrategia de comunicación está detallada en el apartado correspondiente de la presente memoria.</i>
Actividades realizadas y resultados obtenidos:	<i>Las encuestas relativas al Anexo 2 de la convocatoria se realizaron tanto en la primera semana de curso como tras la sesión de presentaciones, rellenando así las preguntas relativas al inicio y finalización del proyecto, respectivamente. Además, se incluyeron las siguientes preguntas a las exigidas en la convocatoria, resultados que se discutirán en el apartado 3:</i> <i>• El proyecto de innovación docente es un atractivo más a la hora de cursar esta asignatura.</i> <i>• Los elementos de innovación docente aplicados se han desarrollado ajustándose al calendario de la asignatura y no han ido limitado la comprensión del resto de bloques de la asignatura.</i> <i>• Los conocimientos adquiridos durante el proyecto de innovación docente pueden ser útiles en mi desarrollo profesional en la industria o academia.</i> <i>Los resultados de difusión se detallarán en el apartado correspondiente.</i>

2. Realice una breve valoración sobre la influencia del proyecto ejecutado en la evolución de las asignaturas implicadas.

Análisis del impacto de la innovación en las asignaturas relacionadas con el proyecto
Todos los grupos diseñaron y fabricaron correctamente sus mecanismos, validando experimentalmente entre dos y tres configuraciones con una precisión coherente con los resultados analíticos y computacionales. Esta experiencia ha permitido incorporar de forma efectiva un componente experimental a la asignatura, posibilitando que el alumnado contraste los modelos teóricos y las herramientas computacionales con el comportamiento físico de los mecanismos y comprenda su aplicación al diseño y control de robots manipuladores en la industria. Además, el rendimiento académico se mantuvo estable respecto al curso anterior: el 100 % del alumnado en evaluación continua superó la asignatura en primera convocatoria, con una media de $7,29 \pm 0,96$ frente a $7,47 \pm 0,69$ en el curso anterior, sin diferencias significativas. La integración del prototipado 3D como herramienta de validación experimental ha supuesto una evolución de la asignatura hacia un modelo de aprendizaje más activo y aplicado, reforzando la comprensión de los contenidos al conectar análisis teórico, modelado computacional y experimentación física. Asimismo, ha permitido ampliar las competencias técnicas del alumnado mediante el diseño CAD, la fabricación aditiva y la validación experimental, manteniendo el enfoque PBL ya consolidado. La experiencia ha generado una metodología fácilmente reproducible y ampliable en futuras ediciones, y potencialmente transferible a otras materias de ingeniería, posicionando la fabricación aditiva como recurso pedagógico para favorecer la motivación y la comprensión profunda de contenidos de elevada carga teórica.

3. Incluya en la siguiente tabla el número de alumnado matriculado y el de respuestas recibidas en cada opción y realice una valoración crítica sobre la influencia que el proyecto ha ejercido en la opinión del alumnado.

Opinión del alumnado al inicio del proyecto				
Número de alumnado matriculado:		20 alumnos/as		
<i>Valoración del grado de dificultad que cree que va a tener en la comprensión de los contenidos y/o en la adquisición de competencias asociadas a la asignatura en la que se enmarca el proyecto de innovación docente</i>				
Ninguna dificultad	Poca dificultad	Dificultad media	Bastante dificultad	Mucha dificultad
	2	12	5	1
Opinión del alumnado en la etapa final del proyecto				
<i>Valoración del grado de dificultad que ha tenido en la comprensión de los contenidos y/o en la adquisición de competencias asociadas a la asignatura en la que se enmarca el proyecto de innovación docente</i>				
Ninguna dificultad	Poca dificultad	Dificultad media	Bastante dificultad	Mucha dificultad
	6	9	3	1
<i>Los elementos de innovación y mejora docente aplicados en esta asignatura han favorecido mi comprensión de los contenidos y/o la adquisición de competencias asociadas a la asignatura</i>				
Nada de acuerdo	Poco de acuerdo	Ni en acuerdo ni en desacuerdo	Muy de acuerdo	Completamente de acuerdo
		1	14	5
En el caso de la participación de profesorado invitado				
<i>La participación del profesorado invitado ha supuesto un gran beneficio en mi formación</i>				
Nada de acuerdo	Poco de acuerdo	Ni en acuerdo ni en desacuerdo	Muy de acuerdo	Completamente de acuerdo
NO APLICA				
Valoración crítica sobre la influencia que ha ejercido el proyecto en la opinión del alumnado				
El proyecto de innovación docente ha supuesto un atractivo adicional para cursar la asignatura optativa, tal como refleja la pregunta específica incorporada a las encuestas del proyecto, en la que 17 estudiantes manifestaron estar “Muy de acuerdo” y 3 “Completamente de acuerdo” con esta afirmación. En términos generales, el alumnado considera que la experiencia ha favorecido la comprensión de los contenidos y que su incorporación no ha supuesto una dificultad adicional significativa respecto al desarrollo ordinario de la asignatura. Otro aspecto especialmente valorado ha sido la incorporación de competencias relacionadas con el diseño y prototipado 3D, consideradas de utilidad para su futuro profesional. Esta valoración resulta especialmente relevante teniendo en cuenta que la mayoría del alumnado no había utilizado previamente una impresora 3D. La actividad ha permitido, por tanto, ampliar el carácter competencial de la asignatura, integrando en una misma experiencia el diseño CAD, el cálculo analítico, la programación en MATLAB, la fabricación aditiva y la experimentación. Desde una perspectiva crítica, uno de los principales logros percibidos por el alumnado ha sido comprender la necesidad de complementar los resultados teóricos y computacionales con su validación experimental. El hecho de observar físicamente el comportamiento del mecanismo y contrastarlo con las predicciones obtenidas mediante los modelos analíticos y computacionales ha contribuido a dotar de mayor sentido práctico a contenidos de elevada carga teórica. Asimismo, los comentarios recogidos evidencian que esta integración se percibió como una experiencia asumible y motivadora: “El proyecto es acorde al nivel de la clase, están bastante bien para aplicar lo aprendido en teoría, y muy satisfecho con el				

aprendizaje dado en Matlab. Buen trabajo en clase.”

“Me parece muy positiva esta experiencia debido a que, finalmente podemos aplicar de forma empírica lo aprendido durante los meses de clase, además adquiriendo competencias cruzadas tanto de diseño de CAD, cálculo analítico y competencias en Matlab de una forma, a mi parecer, llevadera y divertida. Agradezco mucho este tipo de experiencias”.

“El proyecto da un enfoque práctico a un tema muy teórico. Aplicar el algoritmo a una cadena cinemática y poder comprobarlo experimentalmente ayuda a entender todo mejor.”

4. **Describa las medidas de difusión a las que se comprometió en la solicitud y las que ha llevado a cabo. Describe, analice y valore los desajustes respecto a lo previsto en el proyecto y las soluciones aplicadas.**

Descripción de las medidas comprometidas en la solicitud
A nivel institucional, se prevé la presentación de los resultados de este proyecto en las Jornadas de Innovación Docente de la Universidad de Cádiz, en caso de que se celebren nuevamente. Esta participación tiene como finalidad principal compartir la experiencia académica con otros docentes de áreas afines y fomentar la transferencia de conocimiento en el diseño, implementación y evaluación de buenas prácticas de innovación educativa. Asimismo, los prototipos 3D desarrollados por el alumnado se exhibirán de forma permanente en el Laboratorio de Ingeniería Mecánica de la Escuela Superior de Ingeniería de la Universidad de Cádiz, como muestra tangible del trabajo realizado y como elemento inspirador para futuros estudiantes. A nivel nacional, se contempla la presentación de los resultados en el “32º y 33º Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas”, un encuentro de reconocido prestigio que se celebra anualmente durante los meses de junio o julio. El equipo docente participante ya ha enviado una contribución en la edición de este año, que se celebrará en Julio en Algeciras, con la metodología de este proyecto. Cabe destacar que, tras la celebración de cada edición, se publica un libro de actas con DOI general, incluido en la base de datos RODIN, lo que garantiza tanto la visibilidad como la preservación a largo plazo de las contribuciones. Además, cada trabajo aceptado dispone de un DOI individual, lo que facilita su indexación en bases de datos académicas externas y su posterior difusión científica. Por último, se plantea la posibilidad de realizar una difusión digital con publicaciones en redes sociales (Twitter/X, LinkedIn), con fotos de los prototipos, citas de los estudiantes y resultados destacados.
Descripción de las medidas que se han llevado a cabo
Los robots manipuladores desarrollados en el marco del proyecto se exhiben, tal y como se comprometió, en el Laboratorio de Ingeniería Mecánica de la ESI, donde constituyen una muestra tangible del trabajo realizado y un recurso de difusión de la experiencia entre el alumnado. Además, su utilidad docente ha trascendido la asignatura del proyecto, ya que durante el segundo semestre del curso 2025/26 fueron incorporados como recurso visual en las prácticas de la asignatura Teoría de Mecanismos y Máquinas del Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo del Producto, empleándose para explicar los grados de libertad en mecanismos planos. Esto evidencia la transferibilidad de los resultados obtenidos y amplía el impacto del proyecto más allá de su aplicación inicial. Asimismo, el proyecto ha sido difundido a través de redes sociales, destacando su publicación en LinkedIn, que ha alcanzado más de 3.500 impresiones y 50 interacciones: https://www.linkedin.com/posts/pablo-bl%C3%A1quez-carmona-07b065193_quer%C3%ADa-compartiros-que-durante-el-presente-activity-7415451788172308480-Zxca?utm_source=social_share_send&utm_medium=member_desktop_web&rcm=ACoAAC1keB8BXaB1BD7kZ5ycw29RZiFoPFvKmnA. Por necesidades docentes sobrevenidas en el área, no ha sido posible realizar una nueva contribución en el 33.º Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas (CUIEET), si bien la metodología que sustenta el proyecto ya fue presentada en la edición 32 mediante la contribución “Renovación de Optativas de Ingeniería Mecánica mediante Aprendizaje por Proyectos y el uso de las TIC”. Finalmente, está prevista la presentación de los resultados específicos de este proyecto en la 34.ª edición del CUIEET, dando continuidad a su difusión en el ámbito nacional.

5. **Conclusiones.** Entre ellas, describa las aplicaciones futuras del proyecto, su sostenibilidad y posible continuidad y estrategias para ello.

Conclusiones
El proyecto ha permitido consolidar una metodología docente para integrar de forma equilibrada el análisis teórico, la resolución computacional y la experimentación mediante prototipado 3D, favoreciendo una aproximación más activa y aplicada al aprendizaje de la cinemática de mecanismos tridimensionales. Los resultados obtenidos, junto con la valoración positiva del alumnado y la ausencia de un impacto negativo sobre el rendimiento académico, respaldan la continuidad de la experiencia en futuras ediciones de la asignatura. Su sostenibilidad se ve favorecida por la disponibilidad de la infraestructura y el software necesarios en la ESI, el material de impresión 3D sobrante del curso anterior, así como por la reutilización de los prototipos ya fabricados, que podrán emplearse tanto en nuevas ediciones de Mecánica de Robots como en otras asignaturas del ámbito de mecanismos y diseño. Como estrategia de continuidad, se plantea mantener la actividad dentro de la evaluación continua, introducir mejoras a partir de las encuestas y resultados obtenidos en esta primera edición y ampliar progresivamente el uso de los prototipos como recurso docente, extendiendo así su aplicación y transferencia a otras materias de nuestra área. Por otro lado, se tiene pensado pedir un nuevo proyecto de innovación docente en la próxima convocatoria que proponga rediseñar el trabajo práctico de la asignatura, manteniendo la metodología PBL, pero incorporando el entorno “Simscape Multibody”, incluido en la licencia institucional de MATLAB, como herramienta central para la simulación y control de robots. “Simscape Multibody” permite la modelización y simulación en 3D de sistemas mecánicos multicuerpo, integrando cuerpos rígidos con sus propiedades físicas (masas, inercias), articulaciones, sensores y restricciones. Además, permite importar los modelos CAD diseñados por los propios estudiantes en el actual proyecto de innovación docente, resolviendo automáticamente las ecuaciones cinemáticas y dinámicas y generando animaciones interactivas. Su uso pedagógico ha sido validado con éxito en diversas asignaturas de ingeniería (Terazawa y Arakawa, 2020; Tisza et al., 2023; Herreros, 2024). <u>Bibliografía:</u> Terazawa, T., & Arakawa, T. (2020). Application of multi-body simulation environment for mechanism education. Journal of JSEE. Tisza, J., Garcia, A., Arteaga, L., Orejon, A., Zune, C., & 1 more. (2023). An approach to motivate and improve learning in beginning engineering students: A comparative experimentation in robotic arm control using Matlab and Arduino. Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology. Herreros, A. (2024). Proyecto “SimRobots”. Jornadas de Automática.