

ANEXO V

CONVOCATORIA DE PROYECTOS DE INNOVACIÓN Y BUENAS PRÁCTICAS DOCENTES

Modelo de memoria final de proyectos de innovación y buenas prácticas docentes

1. Datos generales de la actividad formativa

Título	(1) Construcción de máquinas de Galton como material docente	
Coordinadora	(2): Apellidos, Nombre	Rico Castro, Nuria
	(3): Departamento	Estadística e Investigación Operativa

2. Responda a las siguientes cuestiones, indicando los puntos fuertes, las dificultades y posibles opciones de mejora

1. Especifique los resultados obtenidos, indicando donde se han difundido y en qué canales se han puesto en disposición para la comunidad universitaria.

Como resultado de la puesta en práctica del proyecto se ha fabricado una colección de máquinas de Galton, en total 18 unidades que puede ser ampliada con el material del que se dispone, hasta alcanzar la cantidad de 24-26 unidades. Se encuentran en el despacho de visitante del Departamento de Estadística e Investigación Operativa, al que pueden acceder todos los profesores del Departamento.

2. Valore el grado de consecución de los objetivos. Especifique los mismos.

Los objetivos que constan en el proyecto son:

Objetivo general 1: enriquecer el proceso de enseñanza y aprendizaje de la probabilidad a partir la explotación de las posibilidades de uso de la máquina de Galton como recurso didáctico.

- Objetivo específico 1.1: redactar y compartir un manual de uso de la máquina de Galton en el aula.
- Objetivo específico 1.2: utilizar la máquina en la enseñanza de los modelos de probabilidad Binomial y Normal y el

teorema central del límite en las asignaturas relacionadas con Cálculo de Probabilidades e Inferencia de los grados de Estadística y Matemáticas (incluyendo dobles grados).

Objetivo general 2: obtener una colección de máquinas que puedan reutilizarse en cursos sucesivos, charlas, conferencias y demás actividades docentes y de divulgación.

- Objetivo específico 2.1: participar en el proceso de fabricación de las máquinas, ajustando los parámetros para que el producto sea útil en la docencia de grado.

Objetivo general 3: fomentar el trabajo colaborativo, creando un equipo de innovación docente.

Objetivo general 4: impulsar buenas prácticas docentes y mejorar las estrategias y técnicas de aprendizaje del estudiantado.

Objetivo general 5: promover la cultura del emprendimiento en la práctica docente.

Ha sido posible alcanzar todos los objetivos propuestos salvo el 1.2 de forma completa, ya que no ha sido posible la construcción de las máquinas con la velocidad deseada y no han estado disponibles durante el periodo docente del segundo semestre. Sin embargo, una vez construidas las máquinas y elaborado el material, es claro que serán utilizadas durante los cursos siguientes. Por otro lado, se ha hecho una exposición el día 23 de junio de 2025 en las Jornadas de Proyectos de Innovación Docente de la Facultad de Ciencias, así como en otros ámbitos tales como el programa ESTALMAT (Estímulo del Talento Matemático) de la Sociedad Andaluza de Educación Matemática Thales, el día de las matemáticas (día de pi, 3 de marzo) en la Facultad de Ciencias o en el Máster en Profesorado de Enseñanza Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanzas de Idiomas, rama de Matemáticas.

3. Especifique el impacto de los resultados obtenidos, Valore los mismos utilizando indicadores que permitan una evaluación cuantitativa o cualitativa.

Tal y como se especificaba en la propuesta, se llevan a cabo las siguientes valoraciones:

1. Valoración de los objetivos mediante encuesta al profesorado participante, evaluando la consecución de los objetivos propuestos. En los resultados se observa un alto grado de satisfacción con el proceso llevado a cabo y los materiales conseguidos.
2. Valoración de los productos, mediante inventario de máquinas conseguidas y sus posibilidades de uso. Se tienen un total de 18 máquinas y materiales disponibles para continuar con la

fabricación de 4-6 máquinas más.

La valoración por parte de los estudiantes no se lleva a cabo por no haberse podido llevar las máquinas al aula durante este cuatrimestre. Se hace, en cambio, una valoración preliminar a partir de las opiniones recogidas en las Jornadas de Proyectos de Innovación Docente de la Facultad de Ciencias y en las clases del Máster en en Profesorado de Enseñanza Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanzas de Idiomas, rama de Matemáticas. En ambos casos las valoraciones son muy positivas, llamando la atención por lo curioso de la máquina en sí y sus posibilidades en el aula.

4. Especifique la metodología empleada en el proceso de innovación y evalúe la misma

La metodología ha sido correcta, aunque se han encontrado diferentes problemas de temporización debido al uso de recursos compartidos, esto es, dado que la impresión debe realizarse en impresoras de uso común, no siempre se dispone del recurso cuando se desea. Además, se encuentra que este proceso de impresión produce fallos y resultados defectuosos en muchas ocasiones, por lo que se ralentiza la fabricación de las máquinas. Otro problema que se encuentra en el proceso es el de necesitarse mucho tiempo de ensamblaje de piezas y en ocasiones ocurre que las piezas se destruyen o se pierden en el proceso, lo cual es también otro elemento a favor de la ralentización en la fabricación.

5. Realice cualquier otra consideración evaluativa que permita realizar una adecuada valoración de la actividad de formación desarrollada.

El proceso ha sido altamente satisfactorio para los docentes que participan en el proyecto. Se han podido compartir experiencias durante el proceso de fabricación, aportando desde todos los miembros del grupo diferentes soluciones, alternativas y mejoras para la construcción de máquinas más adecuadas. El equipo considera el proyecto un acierto y tiene claro que el trabajo realizado tiene un largo recorrido con el uso de las máquinas en las aulas. Ha sido enriquecedor en todos los sentidos, aunque falta por llevar el producto a las aulas y ver qué tal funcionan las máquinas en manos de los estudiantes. Creemos que será un instrumento muy útil para una mejor comprensión de un aspecto fundamental de la rama de la Estadística como es la distribución binomial y la curva normal.

4. Aporte una memoria económica con los gastos derivados del proyecto, especificando las partidas presupuestarias, gastos específicos y adjuntando los justificantes de pago.

4.1. Memoria económica del PIB tipo A o B (desarrollados en un curso académico, sea en un semestre o en dos semestres)

Conceptos en los que se ha gastado	Subtotal primer periodo o semestre	Subtotal segundo periodo o semestre
Filamento para impresión 3D (PLA)		305.97 €
Metacrilato		307.99 €
Esferas		258.00 €
Tornillería, pegamento, lija, destornilladores, placas de impresión y material variado		612.00 €
TOTAL		1483.96 €

4.1. Memoria económica para PIB tipo C (desarrollados en uno o dos cursos académicos)

Conceptos en los que se ha gastado	Subtotal Primer Semestre	Subtotal Segundo Semestre	Subtotal Tercer Semestre	Subtotal Cuarto Semestre
TOTAL				

5. Aporte una memoria de gestión indicando los puntos fuertes, las dificultades y posibles opciones de mejora que han surgido a partir de la innovación docente planteada.

En este proyecto de innovación docente se perseguía fundamentalmente la fabricación de máquinas de Galton, suficientemente robustas para poder utilizarlas en el aula como recurso didáctico en las asignaturas relacionadas con el Cálculo de Probabilidades y la Inferencia de los grados de Estadística y Matemáticas, incluidos los dobles grados.

El proceso de fabricación está lleno de dificultades inesperadas, tales como la búsqueda de proveedores de materiales no habituales (pequeñas bolas de acero), la búsqueda de modelos que puedan ser fabricados, la adaptación de estos modelos a prototipos mejores, la búsqueda de soluciones a problemas técnicos (tales como el lijado de piezas para su encaje, el uso de láser para cortar metacrilato, el pegado de pines que se despegan, el uso de laca en la impresora 3D, el secado del filamento para un mejor rendimiento...). Todos estos aspectos trascienden los conocimientos iniciales del grupo, que ha ido enfrentando los diferentes retos y encontrando soluciones sin descanso. En ese sentido, el grupo ha respondido aportando soluciones de diferentes tipos cuando ha sido necesario.

El único aspecto que queda por cubrir de la propuesta inicial es el de llevar las máquinas a las aulas. Esto no ha sido posible en el segundo semestre del curso 24/25, pero lo será en el siguiente curso. El problema fundamental ha sido que los tiempos de fabricación han sido más amplios de lo previsto y el periodo docente terminó antes de tener las máquinas listas. Sin embargo, con los primeros prototipos sí que se han hecho diferentes demostraciones en otros contextos, como pueden ser las clases de ESTALMAT (Estímulo del Talento Matemático) que se desarrollan los sábados en la Facultad de Ciencias con estudiantes de secundaria, las Jornadas de Proyectos de Innovación Docente de la Facultad de Ciencias que tuvo lugar en el 23 de junio de 2025. Es cuestión de tiempo que se puedan emplear estas máquinas en el aula para enriquecer la experiencia docente de grado. Además, está previsto utilizarlas durante la celebración del Día Mundial de la Estadística el 20 de octubre de 2025.

Puntos fuertes

Como punto fuerte cabe destacar que los materiales fabricados deben tener una vida útil de varios años, por lo que podrán ser utilizados en cursos sucesivos. Aunque posiblemente tengan cierto desgaste y puede que alguna máquina se rompa, esperamos que puedan durar al menos 3 cursos académicos y que puedan ser utilizadas para enseñar los principios básicos del teorema central del límite.

Dificultades

En el proceso de fabricación, los principales problemas han sido:

1. Encontrar bolas de acero de 2.5mm/3mm entre los proveedores
2. Imprimir correctamente sin que se destruyan las piezas durante el proceso de impresión
3. Corregir los modelos originales de las piezas para obtener mejoras
4. Obtener piezas en las cuales no se destruyan las partes más pequeñas y vulnerables durante la manipulación
5. Ensamblar todas las piezas sin que ninguna de ellas sufra daño

Posibles opciones de mejora

La máquina final está bastante conseguida y es suficientemente robusta como para aguantar un uso prolongado. No sabemos cómo aguantarán la manipulación de los estudiantes, pero en todo caso pensamos que debe soportarla sin sufrir deterioros importantes. Creemos que disponer de una máquina de mayor dimensión podría ayudar en el proceso de enseñanza en el sentido de que puede mostrarse más fácilmente a un auditorio amplio.

También creemos que, si las impresoras disponibles fueran mejores, sería más rápido y exitoso todo el proceso de impresión de piezas.

6. Indique los datos del profesorado (incluido en la solicitud o cuya inclusión haya sido autorizada por el Vicerrectorado de Calidad, Innovación Docente y Estudios de Grado) que ha asistido al 80% de las acciones desarrolladas y al que hay que certificar la actividad.

Apellidos, Nombre	Romero Molina, Desiré
Apellidos, Nombre	García Burgos, Ana
Apellidos, Nombre	Raya Miranda, Rocío
Apellidos, Nombre	Torres Parejo, Úrsula
Apellidos, Nombre	Segovia García, María del Carmen
Apellidos, Nombre	Figueroa Uberos, Álvaro
Apellidos, Nombre	Navas Gómez, Fernando Jesús
Apellidos, Nombre	Román Montoya, Yolanda
Apellidos, Nombre	Serrano Pérez, Juan José

Fecha: 16 de septiembre de 2025

La Coordinadora

Firmado: Nuria Rico Castro