

PROGRAMA DE MEJORA DE LA CALIDAD – PLAN ESTRATEGICO GENERAL
Planes de formación e innovación

MEMORIA FINAL

Proyecto de innovación y mejora docente

2017/2018

IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO

DENOMINACIÓN DEL PROYECTO:

Las matemáticas en la ingeniería actual: aprendizaje basado en problemas y competencias, ID2017/096.

COORDINADOR DEL PROYECTO:

NIF	Nombre y apellidos	E-mail	Teléfono
70877112J	Jesús Martín Vaquero	jesmarva@usal.es	2223
Dirección en la Universidad, a efectos de notificación por correo interno			
Casa del Parque nº 2, despacho 14. Plaza de la Merced s/n, E37008, Salamanca, Spain			

ACCIÓN:

Innovación en metodologías docentes para clases teóricas y prácticas

Proyectos dirigidos a la innovación en: las clases magistrales, estudios de casos prácticos, resolución de ejercicios y problemas, aprendizaje basado en problemas, aprendizaje por proyectos, aprendizaje cooperativo y clases prácticas

AREA DE CONOCIMIENTO EN LA QUE SE ENMARCA EL PROYECTO:

Matemática Aplicada

MIEMBROS DEL EQUIPO DE TRABAJO (sin incluir al coordinador):		
NIF/NIE/Pasap.	Nombre y apellidos	E-mail
08104276L	Juan José Bullón Pérez	perbu@usal.es
06973040S	Ascensión Hernández Encinas	ascen@usal.es
07953200F	Ángel Martín del Rey	delrey@usal.es
07879422J	Araceli Queiruga Dios	queirugadios@usal.es
07804467S	Gerardo Rodríguez Sánchez	gerardo@usal.es

INTRODUCCIÓN

El equipo que ha desarrollado este proyecto forma parte de un consorcio de varias universidades que se habían unido para participar en convocatorias de proyectos europeos. En este proyecto hemos propuesto la utilización de una línea paralela a la que ya teníamos consensuadas con nuestros socios: trabajamos en la enseñanza de las matemáticas a través de proyectos reales, para explicar las matemáticas a través de competencias para carreras de ciencias e ingenierías, puesto que todas estas titulaciones imparten varias asignaturas de matemáticas, principalmente en los primeros cursos de la titulación.

Por tanto, a la vez que continuamos con el proyecto “New Rules for assessing Mathematical Competencies (RULES_MATH). 2017-1-ES01-KA203-038491”, Proyecto Erasmus +, de “Cooperation for innovation and the exchange of good practices”, estamos colaborando en la creación de materiales para poder explicar nuestras asignaturas de una forma más atractiva para alumnos de Ingeniería.

También estamos publicando algunos de nuestros trabajos en diferentes libros, revistas y acudimos a varios Congresos Internacionales como mostraremos en esta memoria final.

DESCRIPCIÓN DE LOS OBJETIVOS

Los objetivos que se pretendían alcanzar con este proyecto se resumieron en los siguientes, tal como se puede comprobar de la memoria en la que se solicitó:

Objetivo 1. Desarrollar temas de nuestras asignaturas en competencias. Elaboración de materiales.

Objetivo 2. Utilización de software específico adecuado a cada asignatura y a cada titulación.

Objetivo 3. El objetivo final de este proyecto es mejorar la motivación y conseguir una participación más activa del alumnado.

EVIDENCIAS APORTADAS DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

EVIDENCIAS APORTADAS DE LOS OBJETIVOS Y RESULTADOS ALCANZADOS

En los siguientes apartados detallaremos para cada uno de los objetivos que fueron propuestos en el proyecto, junto con las actividades que hemos realizado:

Objetivo 1. Desarrollar temas de nuestras asignaturas en competencias. Elaboración de materiales.

Para este objetivo estamos colaborando con profesores de otras universidades españolas y europeas. Hemos trabajado especialmente en la asignatura de Cálculo. Parte de este material no se puede mostrar en la actualidad

porque recientemente hemos firmado un contrato con la editorial Elsevier para publicar un libro titulado “Calculus for Engineering Students: Fundamentals, Real Problems, and Computers”, cuya finalización está prevista para el 9 de Septiembre de 2019, y cuyos editores seremos Michael Carr, Araceli Queiruga Dios, Daniela Richtarikova y Jesús Martín Vaquero.

Está previsto que este material conste de 15 capítulos, tal como se han presentado en la memoria final aprobada por Elsevier:

- Capítulo 1 (coordinador: Luis Hernández, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Spain): Real functions and limits (one and multiple variables).
- Capítulo 2 (coordinador: Marie Demlova, Czech Technical University, Czech Republic): Differentiation (one and multiple variables).
- Capítulo 3 (coordinador: Fatith Yilmaz, Gazi University, Turkey): Complex numbers and functions.
- Capítulo 4 (coordinador: Marie Demlova, Czech Technical University, Czech Republic): Real and complex sequences and series.
- Capítulo 5 (coordinador: Daniela Richtarikova, Slovak University of Technology in Bratislava): Function series (including Taylor and Fourier series).
- Capítulo 6 (coordinador: Ion Mierlus-Mazilu, Technical University of Civil Engineering, Bucharest, Romania): Applications of integrals (one variable).
- Capítulo 7 (coordinador: Deolinda Rasteiro, Instituto Politécnico de Coimbra, Portugal): Double and multiple integrals (including gradient theorem, divergence theorem, etc).
- Capítulo 8 (coordinador: Snezhana Gocheva-Ilieva, Plovdiv University Paisii Hilendarski, Bulgaria): Nonlinear equations (and systems of nonlinear equations).
- Capítulo 9 (coordinador: Snezhana Gocheva-Ilieva, Plovdiv University Paisii Hilendarski, Bulgaria): Linear optimization and the simplex method.
- Capítulo 10 (coordinador: Deolinda Rasteiro, Instituto Politécnico de Coimbra, Portugal): Nonlinear optimization.
- Capítulo 11 (coordinador: Jesús Martín-Vaquero, Universidad de Salamanca, Spain): First-order and systems of first-order differential equations.
- Capítulo 12 (coordinador: Ion Mierlus-Mazilu, Technical University of Civil Engineering, Bucharest, Romania): Higher-order and systems of higher-order ordinary differential equations.
- Capítulo 13 (coordinador: Michael Carr, Dublin Institute of Technology, Ireland): Partial differential equations.
- Capítulo 14 (coordinador: Michael Carr, Dublin Institute of Technology, Ireland): Laplace and z transforms.
- Software supplement (coordinador: Araceli Queiruga-Dios, Universidad de Salamanca, Spain).

Como se puede comprobar, en nuestro grupo habría dos de los cuatro editores y además nos encargamos de la coordinación de dos capítulos: el relativo al uso de las ecuaciones diferenciales y a la resolución con software específico de alguno de los problemas. Por tanto, en este libro se está trabajando tanto en el objetivo 1, como el 2, y lógicamente se hace con la ilusión de poder mejorar la motivación del alumnado.

Para escribir el capítulo 11 del cual nos estamos encargando, estamos contando con la inestimable ayuda de varios otros profesores del Departamento.

Además, varios profesores de este proyecto hemos sometido un artículo de carácter docente a la revista “Computer Applications in Engineering Education”, que recientemente lo ha aceptado. Este artículo titulado “Project-based teaching in Calculus courses: Estimation of the surface and perimeter of the Iberian Peninsula” ha sido escrito en colaboración con las profesoras Cristina Caridade y Deolinda Rasteiro del Coimbra Institute of Engineering. El resto de los autores somos los profesores Ascensión Hernández Encinas, Araceli Queiruga Dios y Jesús Martín Vaquero, participantes los tres últimos de este proyecto.

El artículo trata la enseñanza del tema de las integrales en una variable, y su aplicación al cálculo de áreas y longitudes de línea con un caso práctico: la estimación del área y perímetro de la península ibérica con la ayuda de google maps. Dichos puntos son dados siempre en longitudes y latitudes, y por tanto los estudiantes entienden la utilidad de las coordenadas esféricas y polares. Aprenden a transformar este tipo de coordenadas en cartesianas, y luego al conectar los puntos observan la necesidad de saber interpolar.

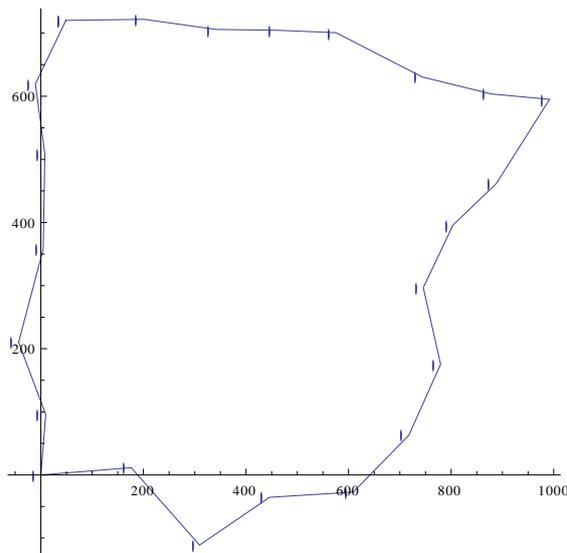


Fig. 1. Aproximación del perímetro de la Península Ibérica con 23 puntos, distancias ya medidas en kilómetros.

También hemos enviado varios artículos a diferentes Congresos Internacionales:

Los artículos “Basic mathematics assessment in engineering degrees: case study” y “Changing teaching: competencias versus contents” fueron presentados en el Congreso EDUCON, celebrado en Abril, en Tenerife. Ambos artículos analizan la enseñanza de las matemáticas para ingenieros, y el uso de explicar centrándonos en competencias y no solo contenidos. Uno de los trabajos fue presentado por la profesora Araceli Queiruga Dios y el otro por el profesor Jesús Martín Vaquero, en ambos casos participaban varios profesores que colaboraban en este mismo proyecto.

Un artículo titulado “Going up and down by the lift to learn Linear Algebra” en el Seminario internacional organizado por el grupo de trabajo de matemáticas del SEFI en Coimbra. En este artículo se detallan actividades que se proponen para motivar y hacer que los estudiantes entiendan conceptos de álgebra Lineal. Para ello se proponen problemas de física sencillo que se pueden reproducir utilizando el teléfono móvil. Será presentado por Dña. Araceli Queiruga Dios.

Un artículo titulado “Extrapolated Stabilized Explicit Runge–Kutta methods” será presentado en Julio en el Mathematical Modelling in Engineering & Human Behaviour 2018 Conference. Es un trabajo sobre métodos numéricos para resolver ecuaciones diferenciales ordinarias con numerosas aplicaciones en ingeniería. Será presentado por el profesor Jesús Martín Vaquero, en representación de este grupo.

Las citas de todos estos resultados serán aportadas explícitamente en el siguiente punto.

Objetivo 2. Utilización de software específico adecuado a cada asignatura y a cada titulación.

Como se puede observar claramente en los trabajos antes comentados, el aprendizaje de matemáticas basado en proyectos requiere del uso de software matemático adecuado a cada asignatura.

En el libro que pretendemos publicar con Elsevier, uno de los capítulos se refiere explícitamente a este apartado, ya que, en situaciones más complejas, el proceso matemático podría resultar muy complicado. En muchos casos es totalmente necesario.

El uso de software como Mathematica o Matlab permite visualizar fácilmente conceptos que podrían ser complicados de entender por parte de los alumnos. Esto se explica con bastante detalle en alguno de los artículos llevados a alguno de los Congresos, como por ejemplo en el artículo “Basic mathematics assessment in engineering degrees: case study”.

En este trabajo, se aportan distintos proyectos que se pueden utilizar en temas de Cálculo como integrales, ecuaciones diferenciales, y también varios de Álgebra.

Una de las actividades trata de cómo se pueden estudiar las ecuaciones diferenciales con sistemas masa-resorte. Este ejemplo se explica con pequeños programas en Mathematica.

```

vibforsol[m_, μ_, k_, A_, w_, t0_, t1_, a1_, a2_, b1_, b2_] :=
Module[{sol}, Print["En el mecanismo masa-resorte con "];
Print["masa ", m];
Print["constante elástica ", k];
Print["amortiguamiento ", μ];
Print["fuerza exterior ", A Sin[w t]];
If[μ2 - 4 k m > 0, Print["Caso de sobreamortiguamiento"],
If[μ2 - 4 k m == 0, Print["Caso de amortiguamiento crítico"],
Print["Caso de amortiguamiento subcrítico"]]];
If[μ == 0 && w2 == k m, Print["Hay resonancia"], Print["No hay resonancia"]];
Print["el polinomio característico es p(λ)=", m λ2 + μ λ + k];
Print["sus raíces son ", Roots[m λ2 + μ λ + k == 0, λ]];
Print["La solución general es ",
sol = DSolve[m ∂(t,2)x[t] + μ ∂(t,1)x[t] + k x[t] == A Sin[w t], x[t], t]];
Print["la gráfica de algunas soluciones en el intervalo de tiempo [", t0, ", ",
t1, "] "];
Print[" para los valores de la constante C[1] entre ", a1, " y ", a2, " "];
Print[" y para los valores de la constantes C[2] entre ", b1, " y ", b2, " es"];
Plot[
Evaluate[Flatten[Table[Table[sol[[1, 1, 2]] /. {C[1] → a, C[2] → b}, {a, a1, a2}],
{b, b1, b2}]]], {t, t0, t1}, PlotStyle → RGBColor[0, 0, 1]]]

```

Fig. 2. Desarrollo de la función *vibforsol* que definimos para poder explicar los diferentes tipos de resonancia en un sistema de masa-resorte

Con la función *vibforsol* desarrollada en la Fig. 2, los estudiantes entienden como en función de los tipos de raíces del polinomio característico, hay diferentes tipos de soluciones de las ecuaciones diferenciales.

En la Fig. 3, se muestra un posible uso de dicha función.

```
vibforsol[1, 0, 16, 3, 4, 0, 2, 1, 5, 2, 7]
```

En el mecanismo masa-resorte con

masa 1

constante elástica 16

amortiguamiento 0

fuerza exterior $3 \sin[4t]$

Caso de amortiguamiento subcrítico

Hay resonancia

el polinomio característico es $p(\lambda) = 16 + \lambda^2$

sus raíces son $\lambda = 4i$ || $\lambda = -4i$

La solución general es $\left\{ \left\{ x[t] \rightarrow C[1] \cos[4t] + \right. \right.$

$$\left. \left. C[2] \sin[4t] - \frac{3}{64} (8t \cos[4t] + \cos[8t] \sin[4t] - \cos[4t] \sin[8t]) \right\} \right\}$$

la gráfica de algunas soluciones en el intervalo de tiempo $[0,2]$

para los valores de la constante $C[1]$ entre 1 y 5

y para los valores de la constantes $C[2]$ entre 2 y 7 es

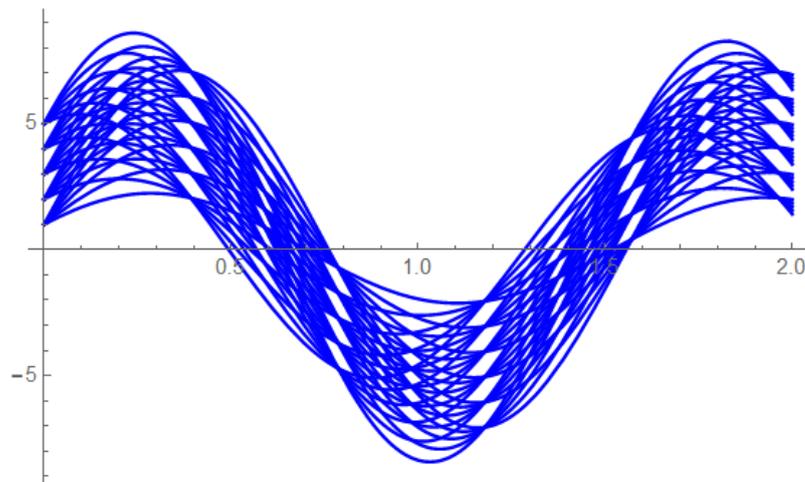


Fig. 3. Resultado de utilizar la función vibforsol antes desarrollada en la Fig. 2

En realidad, todos los resultados aportados en el Objetivo 2, explican cómo el uso de las TIC, y de software matemático específico suele ayudar para que nuestros alumnos se puedan centrar en pensar matemáticamente, o modelizar situaciones de la vida real de una forma matemática, y no tengan que dedicar demasiado tiempo en repetir los mismos procedimientos una y otra vez, o necesiten dedicar mucho tiempo a ciertos cálculos que pueden obtener ya con diferentes aplicaciones en sus móviles inteligentes.

Objetivo 3. El objetivo final de este proyecto es mejorar la motivación y conseguir una participación más activa del alumnado.

Por lo explicado en los últimos párrafos del objetivo anterior, consideramos que se explica cómo hemos tratado de conseguir este objetivo 3, que claramente también es lo perseguido en los objetivos anteriores.

La utilización del teléfono móvil a modo de laboratorio nos ha servido tanto para el objetivo 2 como para el objetivo 3. Se ha propuesto la utilización del dispositivo para entender magnitudes físicas como puede ser el concepto de vector o el cálculo de valores y vectores propios en un sistema masa-resorte en vibración.

En la Fig. 4 se representa la pantalla del teléfono móvil cuando se utiliza la aplicación Phyphox (<http://phyphox.org/>) para obtener la aceleración de un ascensor.

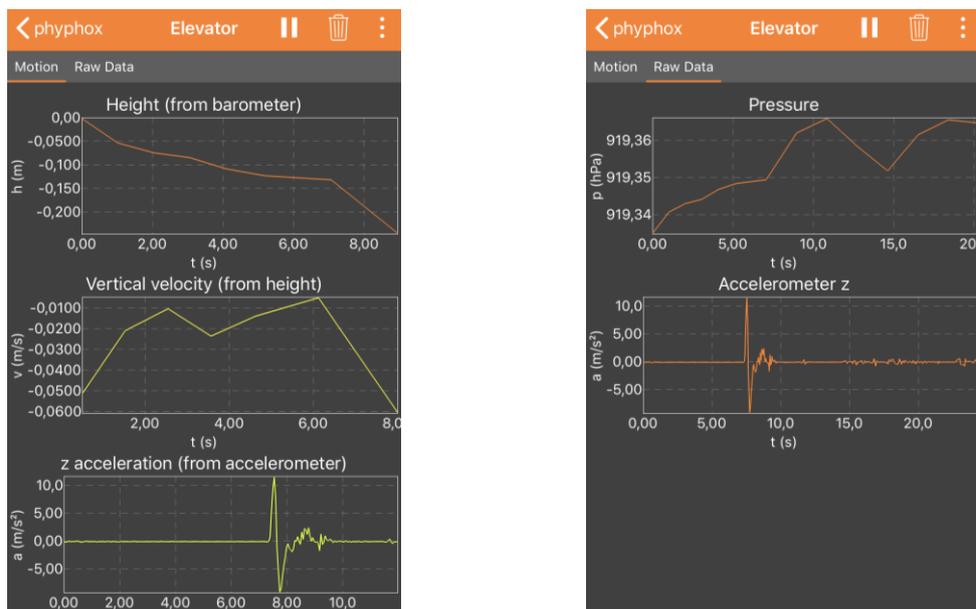


Figure 4. Phyphox con el experimento del ascensor.

Pero quizás es más conveniente preguntar directamente a los alumnos y sacar conclusiones de sus respuestas. Así hemos hecho ya en varias ocasiones, por ejemplo, antes de la elaboración del artículo titulado “Project-based teaching in Calculus courses: Estimation of the surface and perimeter of the Iberian Peninsula”, que como ya se mencionado ha sido sometido en la revista “Computer Applications in Engineering Education”.

En este artículo, se analiza la evolución de nuestros alumnos en Salamanca (también de alumnos del ISEC de Portugal), en varias asignaturas de diferentes grados. Para ello, realizamos un cuestionario que pasamos a nuestros alumnos antes y después de alguna de las actividades antes mencionadas en el Objetivo 1, y estudiamos la evolución de sus respuestas a preguntas como:

- 1.- Las matemáticas están muy relacionadas con la Ingeniería y con muchos aspectos de mi vida diaria.
- 2.- La información de matemáticas contenida en esta asignatura están relacionadas con otras asignaturas de mi carrera y serán importantes en mi futura carrera.
- 3.- Las clases de matemáticas son amenas y consiguen captar mi atención.
- 4.- Estas clases son más sencillas de lo que yo pensaba.
- 5.- Estas clases son tan entretenidas que me gustará aprender más sobre esta materia.
- 6.- Creo que una clase de matemáticas con trabajos y aplicaciones prácticas es más útil que las clases convencionales.
- 7.- El contenido de estas clases de matemáticas incluyen información que será útil para mí.
- 8.- Creo que realmente entenderé la información que me den en estas clases.
- 9.- El ordenador es muy necesario para las clases de matemáticas.
- 10.- Las actividades de este curso me permitirán aprender a razonar matemáticamente.

El cuestionario utilizado es válido y fiable. Para comprobarlo utilizamos el Alpha de Crombach. Les realizamos alguna pregunta más para analizar si han entendido la intención de la actividad, y si han adquirido las competencias buscadas. Las respuestas son anónimas, y aunque notamos que los alumnos siguen poco motivados por estudiar nuestras asignaturas, al menos sí entendemos que hay cierto cambio en la media de sus respuestas, tal como se puede observar de la Fig. 5.

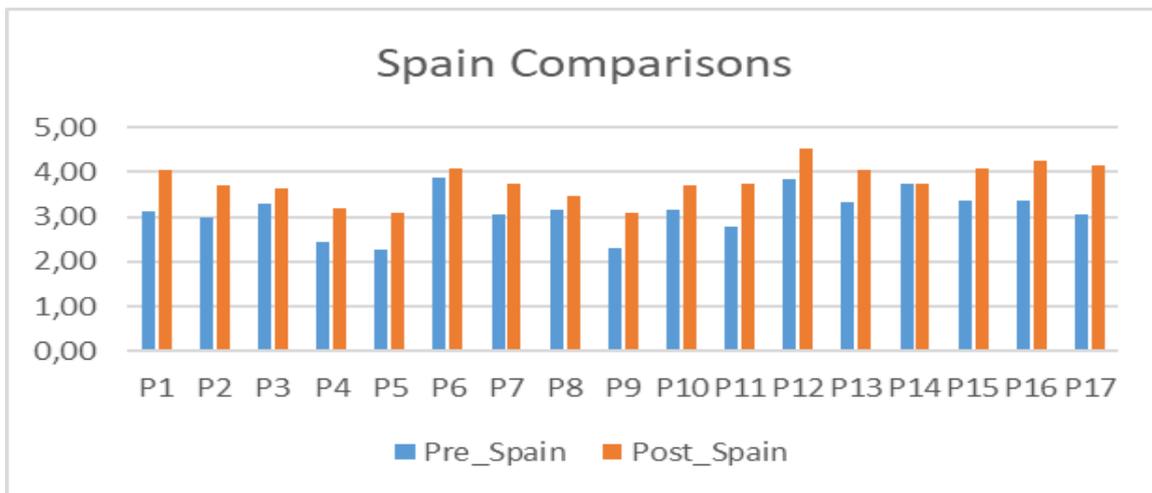


Fig. 5. Comparación de las respuestas de los alumnos de la Universidad de Salamanca al cuestionario antes y después de la actividad descrita en el Objetivo 1.

UTILIDAD Y CALIDAD DE LOS RESULTADOS ELABORADOS

CALIDAD DEL PROYECTO EJECUTADO

REPERCUSIÓN ACREDITADA DEL PROYECTO EN EL APROVECHAMIENTO Y RENDIMIENTO DE LOS ESTUDIANTES

Consideramos que los trabajos elaborados en este proyecto son de gran calidad, como se acredita por las editoriales con las que se ha trabajado, que una de las revistas docentes donde se pretende publicar tenga índice de impacto en el JCR (Science Citation Index), o que los proceedings del Congreso EDUCON sean publicados por la prestigiosa IEEE.

A continuación se citan los trabajos ya publicados:

- Jesús Martín-Vaquero, Fatih Yilmaz, María José Cáceres, Gerardo Rodríguez and Araceli Queiruga-Dios, Basic mathematics assessment in engineering degrees: case study, in "EDUCON2018 – IEEE Global Engineering Education Conference, Emerging Trends and Challenges of Engineering Education", pp. 1645-1650.
- D. Dias Rasteiro, V. Gayoso Martínez, C. Caridade, J. Martín-Vaquero and A. Queiruga-Dios, Changing teaching: competencies versus contents, in "EDUCON2018 – IEEE Global Engineering Education Conference, Emerging Trends and Challenges of Engineering Education", pp. 1767-1771.

En proceso está el libro en colaboración con Elsevier:

- Jesus Martin-Vaquero, Michael Carr, Araceli Queiruga-Dios and Daniela Richtarikova, Calculus for Engineering Students: Fundamentals, Real Problems, and Computers, Elsevier (en proceso, fecha prevista, Septiembre 2019).

También en proceso, o pendientes de publicación están artículos más pequeños en dimensión:

- Cristina M.R. Caridade, Ascensión H. Encinas, Jesús Martín-Vaquero, Araceli Queiruga-Dios and Deolinda M.L.D. Rasteiro, Project-based teaching in Calculus courses: Estimation of the surface and perimeter of the Iberian Peninsula, Computer Applications in Engineering Education (aceptado).
- Jesus Martin-Vaquero and Andreas Kleefeld, Extrapolated Stabilized Explicit Runge–Kutta methods, in Procceings of the Mathematical Modelling in Engineering & Human Behaviour 2018 Conference (previsto Septiembre 2018).
- Araceli Queiruga-Dios, María Jesús Santos Sánchez, Cristina Prieto Calvo, Ascensión Hernández Encinas, Juan José Bullón Pérez, Jesús Martín-Vaquero. Going up and down by the lift to learn Linear Algebra (Coimbra, 26-29 de junio)

La repercusión del proyecto y el aprovechamiento en el rendimiento de los estudiantes consideramos que se encuentra explicado en la página anterior, en el Objetivo 3.

JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO	
CONCEPTO	IMPORTE
Tal como se solicitó, parte del dinero concedido (966 euros) fue empleado en un Congreso Internacional relacionado con la temática del proyecto. En este caso el "Mathematical Modelling in Engineering & Human Behaviour 2018 Conference".	Empleado 914 euros (aprox.) = 325 + 145 + 414 (inscripción, billetes tren, hotel, taxis y dietas)
SUMA TOTAL	914 euros empleados