



Empleo didáctico del teléfono móvil para realización de experiencias de Mecánica Clásica (PAINN-16-025)

Convocatoria de los Proyectos de Innovación 2016

María Vélez – mvelez@uniovi.es

María Rita Sierra Sánchez – sierramaria@uniovi.es

Susana Irene Díaz Rodríguez – sirene@uniovi.es

María del Rosario Díaz Crespo – charo@uniovi.es

Javier Fernández Menendez – fernandezmenjavier@uniovi.es

Isidro González Caballero – gonzalezisidro@uniovi.es

Jaime Ferrer – ferrer@uniovi.es

Palabras clave: *Teléfonos móviles, acelerómetro, coordinación entre asignaturas*

1 Resumen / Abstract

Este curso, los alumnos de primero de Física y Matemáticas en la Universidad de Oviedo sorprendieron a sus amigos con algunos "deberes" un tanto extraños: tirar el móvil por un tobogán, colgar el móvil de un dron, o llevarlo de paseo en el ascensor. Estas tareas formaban parte de este proyecto de innovación docente en el que los alumnos tenían que abordar algún problema clásico de Mecánica de forma práctica y autónoma y comprobar si todas esas cuentas que llenan las pizarras funcionan en la realidad. El protagonista: el acelerómetro de su teléfono móvil; los realizadores: 70 alumnos de primero de grado; los guionistas: los profesores de Fundamentos de Mecánica, Herramientas Informáticas e Introducción a la Física Computacional; el resultado: las curvas de aceleración en función del tiempo de 70 ascensores repartidos por la geografía asturiana. Y como pasa siempre que teoría y experimento se encuentran en Física, los alumnos se encontraron con que la realidad es mucho más rica que la que cabe en el enunciado de un problema: vibraciones, oscilaciones, giros, errores aleatorios y sistemáticos, y que hace falta combinar teoría, experimento y cálculo numérico para poder describirla. De forma concreta, se enseñó a los alumnos a emplear su teléfono móvil para medir la aceleración y la gravedad de forma experimental en trayectorias sencillas pero reales. En la primera tutoría grupal de Fundamentos de Mecánica se abordó de forma práctica la toma de datos de aceleración en función del tiempo en algunas trayectorias sencillas, proponiendo una tarea concreta sobre el movimiento rectilíneo de un ascensor. Los alumnos de Grado de Física y Doble Grado (PCEOB) llevaron a cabo el tratamiento de estos datos mediante una hoja de cálculo (Excel) dentro de una tarea voluntaria en la asignatura de Introducción a la Física Computacional. Los alumnos del Grado de Matemáticas y Doble Grado (PCEOA) realizaron un taller en la asignatura de Herramientas Informáticas para la lectura y representación gráfica de los datos. De este modo, los alumnos han resuelto un problema informático contextualizado, donde pueden ver la necesidad real de los contenidos que se imparten en las asignaturas de Física Computacional y Herramientas Informáticas y su contextualización con las asignaturas de teoría como Fundamentos de Mecánica.

2 Objetivo

2.1 Objetivos propuestos

El principal objetivo propuesto en este proyecto era el uso de los dispositivos móviles en la docencia de conceptos de Mecánica Newtoniana involucrando de manera coordinada a las asignaturas de Fundamentos de Mecánica, Introducción a la Física Computacional y Herramientas Informáticas de los Grados de Física y Matemáticas.



Este proyecto se enmarca dentro del objetivo **P1 (7.1)** del *Plan Estratégico de la Universidad de Oviedo*, ya que tiene por objeto mejorar la enseñanza y aprendizaje mediante la incorporación de los dispositivos móviles en la docencia de los Grados de Física y Matemáticas. Asimismo, dentro de la Convocatoria de Proyectos de Innovación Docente 2016, se refiere a los objetivos **a)[4]** “Utilización positiva de los dispositivos móviles”, **d)[1]** “Potenciar la coordinación...” y **d)[3]** “...Potenciar la capacidad para hacer presentaciones”.

En concreto, los objetivos generales propuestos fueron:

- a) Innovación en la metodología docente:** Emplear los sensores existentes en los dispositivos móviles para ilustrar de forma práctica conceptos teóricos de Mecánica Newtoniana (en concreto del Tema de Cinemática) y familiarizarse con la toma de datos automatizada mediante sensores.
- b) Mejora y establecimiento de competencias transversales:** Emplear metodologías complementarias en varias asignaturas para el estudio de un problema real (movimiento de un cuerpo en el campo gravitatorio terrestre): análisis teórico de los resultados (Fundamentos de Mecánica) y tratamiento numérico de datos (Herramientas Informáticas e Introducción a la Física Computacional). Con esta coordinación se esperaba transmitir a los alumnos la necesidad de una aproximación global en las experiencias reales.

2.2 Objetivos alcanzados

- a) *Metodología docente innovadora:* Se enseñó a los alumnos a acceder a los datos de aceleración del móvil mediante una App gratuita y a emplearlos para reconstruir la trayectoria completa (aceleración, velocidad y posición en función del tiempo) en una situación cotidiana sencilla: movimiento rectilíneo de un ascensor.
- b) *Mejora de la coordinación entre asignaturas:* Los alumnos realizaron tareas de análisis de los datos de forma coordinada entre las asignaturas de Fundamentos de Mecánica, Introducción a la Física Computacional y Herramientas Informáticas.
- c) *Desarrollo de competencias transversales:* Más de la mitad de los alumnos abordaron desde una perspectiva global los trabajos de tema libre en Fundamentos de Mecánica, empleando para su realización conceptos teóricos, de toma de datos automática y de computación.

2.3 Modificaciones al proyecto inicial y justificación de los cambios

2.4 Tipo de proyecto

Tipo A (PINNA)	X	Tipo B (PINNB)	
----------------	---	----------------	--

En este apartado decir el tipo de proyecto (Tipo A o Tipo B) y únicamente en caso de ser de tipo B, describir las ampliaciones y novedades con respecto a los proyectos anteriores de los cuales es continuación.

3 Memoria del Proyecto

3.1 Interés

Una de las tendencias de mejora tecnológica de la docencia es la integración del teléfono móvil en el aula a través de distintas Apps educativas. En el caso de la docencia de Física, han empezado a aparecer recientemente distintas propuestas para el empleo de los sensores existentes en el interior de los Smartphones en experimentos sencillos de Física Básica [Lab4Physics, Sensor Mobile (Universidad Valladolid), iMecaProf (Université Joseph Fourier, Grenoble), J. M. Kinser The Physics Teacher 53 (2016) 4914561]. En este proyecto nos planteamos enseñar a los alumnos de primero de grado de Física y Matemáticas de la Universidad de Oviedo a emplear sus teléfonos móviles para la realización de experiencias relacionadas con conceptos básicos de Cinemática de forma autónoma y en situaciones de la vida cotidiana. El empleo del teléfono móvil para la adquisición de datos permite proponer tareas a realizar



más allá de los límites organizativos de un aula o un laboratorio convencional, de tal manera que los alumnos pueden diseñar sus experimentos de forma autónoma bajo la tutela del profesor. Este tipo de experiencias exigen el empleo simultáneo de competencias de análisis teórico y manejo de herramientas informáticas al mismo tiempo que fomentan la creatividad. En concreto, las actividades del proyecto contribuyen a la adquisición de las competencias transversales descritas en la Memoria del Grado de Física: CT2 Capacidad de organización y planificación, CT4 Conocimientos de informática relativos al ámbito de estudio, CT8 Razonamiento crítico, CT9 Aprendizaje autónomo o CT10 Creatividad.

3.2 Situación anterior al proyecto

En cursos previos, los alumnos estudiaban los conceptos de Cinemática en la asignatura de Fundamentos de Mecánica (común a los Grados de Física y Matemáticas) mediante desarrollos teóricos en la pizarra y la realización de problemas de forma analítica en las prácticas de aula. De forma independiente, los alumnos adquirían competencias de tratamiento de datos y/o realización de gráficas por ordenador en las asignaturas de Introducción a la Física Computacional (Grado de Física y Doble Grado de Física/Matemáticas (PCEOB)) y Herramientas Informáticas (Grado de Matemáticas y Doble Grado de Física/Matemáticas (PCEOA)).

3.3 Descripción del proyecto

A lo largo del curso 2016-2017, para fomentar la participación activa de los alumnos, se les enseñó a emplear su teléfono móvil para medir la aceleración y la gravedad de forma experimental en trayectorias sencillas pero reales. Esto permitió ilustrar de forma más clara conceptos como el carácter vectorial de la aceleración, el sistema de referencia propio y la relación integral entre aceleración, velocidad y posición. Para ello, empleando el teléfono móvil, en la primera tutoría grupal de Fundamentos de Mecánica se abordó de forma práctica la toma de datos de aceleración en función del tiempo en algunas trayectorias sencillas, proponiendo una tarea concreta sobre el movimiento rectilíneo de un ascensor. Los alumnos de Grado de Física y Doble Grado (PCEOB) llevaron a cabo el tratamiento de estos datos mediante una hoja de cálculo (Excel) dentro de una tarea voluntaria y utilizando el lenguaje de programación Python en una sesión práctica de la asignatura de Introducción a la Física Computacional. Los alumnos del Grado de Matemáticas y Doble Grado (PCEOA) realizaron un taller en la asignatura de Herramientas Informáticas para la lectura y representación gráfica de los datos. De este modo, los alumnos han resuelto un problema informático contextualizado, donde pueden ver la necesidad real de los contenidos que se imparten en las asignaturas de Física Computacional y Herramientas Informáticas y su contextualización con las asignaturas de teoría como Fundamentos de Mecánica.

Además, se incentivó que los alumnos pusieran en práctica de forma autónoma lo aprendido en la realización de los trabajos de grupo en la asignatura de Fundamentos de Mecánica, valorando de forma positiva los trabajos que involucrasen el diseño de un experimento sencillo empezando por la toma de datos de la trayectoria, su integración numérica y la comparación con predicciones analíticas. La exposición oral de los trabajos en las Prácticas de Aula de Fundamentos de Mecánica permitió a todos los alumnos a aprender de las experiencias realizadas por sus compañeros.

3.4 Metodología

3.4.1 Descripción del material didáctico, de la metodología y justificación

Material didáctico. El principal elemento del material didáctico utilizado en este proyecto es el teléfono móvil de cada alumno equipado con una App gratuita para la adquisición de datos de aceleración en función del tiempo. En concreto, empleamos la App “Accelerometer Analyzer” de Mobile Tools disponible en PlayStore para smartphones tipo Android. Esta App, permite obtener un fichero texto que contiene las tres componentes espaciales del vector aceleración y el intervalo de tiempo entre medidas.



Otros elementos empleados fueron: Guión de prácticas para la tarea de movimiento rectilíneo en un ascensor, encuestas en el campus virtual, material para el estudio autónomo del tema de representación de curvas y superficies, guion del taller para a representación de curvas y superficies (taller “plot”), el guion de práctica 2 y el guion del problema 4 (integración numérica) del tema 6 de la asignatura de Introducción a la Física Computacional.

Metodología.

- Fundamentos de Mecánica: La metodología empleada se estructura en dos actividades.
 - *Tarea dirigida sobre el movimiento rectilíneo en un ascensor:* Explicación del profesor en una clase expositiva, toma de datos de forma autónoma por parte del alumno en el ascensor de su casa, representación gráfica de la variación de la aceleración en función del tiempo, cálculo de las aceleraciones medias y su error, cálculo de la velocidad del ascensor en subida y en bajada, cálculo de las posiciones inicial, intermedia y final del ascensor, análisis cualitativo de los resultados. La participación de los alumnos en esta tarea es voluntaria. El seguimiento se hace a través de una Tarea del Campus Virtual y en tutoría grupal.
 - *Realización de trabajos de grupo de tema libre:* Formación de los grupos y selección del tema tras debate con el profesor en una tutoría grupal; presentación de un resumen a través del Campus Virtual; trabajo de grupo autónomo para la realización de la experiencia o investigación bibliográfica propuesta; presentación oral de 15’ en una Práctica de Aula. En esta tarea, el empleo del Smartphone es decidido de forma voluntaria por los integrantes del grupo. El seguimiento del trabajo se hace durante las tutorías grupales.
- Introducción a la Física Computacional
 - *Tarea Excel:* Explicación del profesor del uso de la hoja de cálculo. Realización del tratamiento de los datos del ascensor, siguiendo las indicaciones de la tarea propuesta en la asignatura de Fundamentos de Mecánica. La participación de los alumnos en esta tarea es voluntaria. El seguimiento se hace a través de una Tarea del Campus Virtual de la asignatura.
 - *Tarea Python:* Los alumnos realizan en una clase práctica un programa en lenguaje Python que integra numéricamente los datos de aceleración del ascensor y representa las gráficas de aceleración, velocidad y posición. La participación de los alumnos en esta tarea es obligatoria al realizarse en una clase práctica que se contempla como ejemplo de aplicación de la integración numérica de datos de un caso real. El seguimiento del trabajo realizado se realiza durante la clase práctica.
- Herramientas Informáticas: La metodología empleada es la desarrollada en el proyecto PINNB-15-014 para la propuesta y corrección de las tareas de evaluación continua “taller”. La tarea relacionada con este proyecto de innovación docente forma parte del taller grupal que aborda la materia de representación de gráficas y superficies. Este taller tiene tres fases diferenciadas:
 - Representación de curvas y superficies:
 - Estudio de las principales funciones que se pueden utilizar a la hora de representar curvas y superficies. Para esta tarea se empleará el material proporcionado por los profesores de la asignatura.
 - Creación de un boletín, en el que de forma guiada se introduzca el uso de los diversos comandos necesarios para representar gráficas y superficies, ilustrándolo con ejemplos de instrucciones en Octave, que permitan entender el funcionamiento de cada comando. Cuando los alumnos se enfrentaron a esta tarea, ya estaban familiarizados con el tipo de boletín que debían elaborar pues en temas previos los profesores habían puesto a su disposición boletines similares.
 - Proponer el enunciado de dos ejercicios (uno de representación de curvas y otro de superficies) sujetos a una serie de restricciones que hiciesen que la solución de los ejercicios abordase los aspectos más importantes a la hora de representar curvas y superficies.



- Implementar las soluciones del ejercicio anterior, y entregar tanto los archivos Octave, como las gráficas en el formato indicado en los enunciados.
- Gráficas de la aceleración:
 - Implementar una función en Octave que les permitiese leer de un archivo los datos generados por la aplicación del acelerómetro y pintar la gráfica de la aceleración. Con ella debían escribir un programa Octave que generase automáticamente las gráficas de la aceleración (con un formato determinado) medida por todos los miembros del grupo.
 - Diseñar una función en Octave que a partir de los datos del acelerómetro y una ventana de tiempo, retorne una matriz con el promedio y la desviación típica para cada intervalos de tiempos consecutivos.
- Evaluación del boletín de otro grupo, empleando para ello la rúbrica proporcionada por los profesores.

3.4.2 Recursos materiales disponibles y adecuación al proyecto

Las aulas de las clases (expositivas, de tutoría grupal) tienen las condiciones adecuadas y disponen de un ordenador para el profesor con proyector de diapositivas. En las aulas de informática se dispone de un ordenador por alumno. Los dispositivos móviles empleados fueron los de los propios alumnos o el del profesor, ya que la existencia de sensores tipo acelerómetro es general tanto en los modelos para Android como en los de Apple.

Las asignaturas involucradas disponían de acceso al Campus Virtual. A través de él se realizó la entrega de las tareas y su seguimiento y posterior evaluación. Por tanto, las infraestructuras y recursos materiales disponibles han sido adecuados para la metodología del proyecto.

3.4.3 Indicadores y modo de evaluación

Los resultados del proyecto se han medido a través de tres tipos de indicadores distintos

- I. Los porcentajes de participación de los alumnos en las tareas propuestas en las distintas asignaturas.
- II. Encuestas de satisfacción tras la realización de las tareas del proyecto de innovación
- III. Resultados académicos de los alumnos que han participado de forma simultánea en el proyecto a través de dos asignaturas distintas.

Los dos primeros tipos de indicadores permiten evaluar de forma cuantitativa el interés y la motivación de los alumnos en las distintas actividades del proyecto. En el último caso, permiten evaluar la coordinación real entre las asignaturas y su eficacia en el aprendizaje de los alumnos.

4 Desarrollo del proyecto

4.1 Organización del trabajo y calendario de ejecución

La organización del trabajo se hizo teniendo en cuenta la diferente temporalidad de las asignaturas involucradas en el proyecto: Fundamentos de Mecánica y Herramientas Informáticas son cuatrimestrales, del primer semestre, mientras que Introducción a la Física Computacional es una asignatura anual. A continuación se detallan las tareas que se llevaron a cabo en las distintas asignaturas involucradas en el proyecto.

Fundamentos de Mecánica

Tarea A. Análisis del movimiento rectilíneo en un ascensor

- a. Explicación de los elementos básicos de la Cinemática (Tema 1) en clases expositivas: sistema de referencia, trayectoria, velocidad, aceleración, formalismo integral y diferencial. *Septiembre 2016*
- b. Introducción teórico-práctica sobre el funcionamiento del acelerómetro de un teléfono móvil en clases expositivas y 1ª tutoría grupal. *Septiembre 2016*



- c. Toma de datos por parte de cada alumno de la aceleración en función del tiempo de la trayectoria de un ascensor en subida y en bajada. Subida del fichero al Campus Virtual. *Octubre 2016*
- d. Discusión profesor-alumnos de los resultados experimentales preliminares en la 2ª tutorial grupal. *Octubre 2016*
- e. Realización de las gráficas en Excel, cálculo de aceleraciones promedio y análisis de los resultados. Subida del informe al Campus Virtual. *Noviembre 2016*
- f. Discusión profesor-alumnos de los resultados experimentales finales en la 3ª tutorial grupal. *Noviembre 2016*

Tarea B. Trabajos de grupo

- g. Formación de los grupos (3-4 alumnos) y selección del tema de trabajo, tras orientación con el profesor. *Septiembre 2016*
- h. Presentación de un resumen con los aspectos más importantes del trabajo a través del Campus Virtual. *Noviembre 2016*
- i. Exposición oral de 15' con los resultados más importantes en Prácticas de Aula. *Diciembre 2016*

Introducción a la Física Computacional

Tarea C. Hoja de cálculo Excel

- j. Explicación del profesor en clases prácticas (Práctica 2) del uso de la hoja de cálculo para el tratamiento de datos: introducción de datos y fórmulas en la hoja de cálculo, referencias a celdas, utilización de funciones y representación de gráficas. *Octubre 2016*

Tarea D. Integración numérica

- j. Explicación del profesor en clases prácticas del uso de los módulos de representaciones gráficas de Python incluidos en el paquete Matplotlib (Práctica 8). *Febrero 2017*
- k. Explicación del profesor en clases prácticas del método de Euler para resolver sistemas de ecuaciones diferenciales ordinarias (Problema 4, Tema 6): integración de sistemas de ecuaciones diferenciales ordinarias por el método de Euler, Euler-Cromer y usando la función *odeint* del módulo Scipy de Python. *Marzo 2017*
- l. Los alumnos realizan en una clase práctica un programa en lenguaje Python que integra numéricamente los datos de aceleración del ascensor y representa las gráficas de aceleración, velocidad y posición. *Marzo 2017*

Herramientas Informáticas

Tarea E. Taller de representación de curvas y superficies. La presentación de este taller se realiza a mediados de noviembre de 2016, dando de plazo a los alumnos para su realización hasta mediados de diciembre de 2016. La fecha de entrega de todas las tareas del taller es el 15 de diciembre de 2016, debiendo haber terminado la tarea de revisión del trabajo de otro grupo (tercera fase del taller) como máximo el día 18 de diciembre de 2016. La evaluación individual del taller se realiza el último día de clase de la asignatura (Diciembre de 2016).

4.2 Planificación real del proyecto

4.3 Justificación de la planificación realizada

La organización temporal del proyecto tiene en cuenta la organización académica de cada una de las tres asignaturas involucradas, así como la necesidad de disponer de ciertos conocimientos teórico/prácticos tanto de Mecánica como de Informática para abordar con éxito las actividades propuestas.

Por ello, la Tarea A, versa sobre los contenidos teóricos de movimiento rectilíneo que se estudian en el Tema 1 (Cinemática) de Fundamentos de Mecánica y para su análisis se emplea la hoja de cálculo Excel (Tarea C) que los



alumnos de Introducción a la Física Computacional estudian también durante las primeras semanas de curso. En estas primeras tareas, los alumnos cuentan con un Guión detallado que les orienta en la realización de la actividad, así como un seguimiento progresivo a través de las tutorías grupales de Fundamentos de Mecánica. Los alumnos del grado de Matemáticas/PCEO A recibieron una introducción al Excel en una tutoría grupal de Fundamentos de Mecánica durante el mes de octubre de 2016 y, posteriormente, emplearon los ficheros de datos experimentales adquiridos en la Tarea A, para la realización de un taller de gráficos (Tarea E) como parte del último tema de la asignatura de Herramientas Informáticas, durante el mes de diciembre.

La tarea B sirve como resumen de lo aprendido, ya que los alumnos emplean de forma autónoma y creativa el Smartphone para el grabado y cuantificación de trayectorias ya sea con el acelerómetro o mediante la realización de videos. La exposición oral de los trabajos en la última semana de curso del primer semestre sirve para compartir los resultados obtenidos con toda la clase.

Finalmente, la tarea D, se desarrolla en Introducción a la Física Computacional durante el segundo semestre con los alumnos del grado de Física/PCEOB. Esta tarea plantea el tratamiento de los datos realizando una integración numérica de los mismos en contraposición con el cálculo de las aceleraciones medias llevado a cabo en la hoja de cálculo, lo que permite analizar y contrastar los resultados obtenidos por ambos métodos. Por otro lado sirve como resumen de lo aprendido durante la asignatura, debido a que la realización de esta tarea requiere del uso de la mayor parte de los conocimientos de programación adquiridos durante el curso.

5 Resumen de la experiencia

5.1 Evaluación de los indicadores propuestos

I. Porcentaje de participación en las tareas del proyecto

I.1 Los alumnos mostraron un claro interés por el empleo de los teléfonos móviles en la realización de experiencias de Mecánica, con una participación Muy Buena, en torno al 70%, en la tarea A (ver Tabla). Sin embargo, hay que señalar que algunos alumnos sólo participaron en la actividad inicial de toma de datos. El porcentaje de alumnos que completaron la tarea incluyendo el análisis de datos y su representación gráfica es un poco más bajo: 64% para el Grado de Física/PCEOB y 46% para el grado de Matemáticas/PCEO A. Ello puede ser debido a las dificultades encontradas para el manejo de datos por ordenador de los alumnos de Matemáticas ya que estos contenidos aún no se habían abordado en Herramientas Informáticas.

I.2 Puede considerarse Bueno el porcentaje del 50% de participación en la Tarea B de utilización del teléfono móvil en los trabajos de tema libre. En concreto, el móvil fue empleado para la realización de videos (50% de los trabajos), como acelerómetro (27% de los trabajos) o para comunicación Bluetooth con un controlador Arduino (4% de los trabajos). Hay que destacar la creatividad de los alumnos a la hora de emplear los teléfonos móviles a una gran variedad de experiencias prácticas de Mecánica.

* Medida cuantitativa de la posición en función del tiempo a partir de videos

-Caída en un medio viscoso (Movimiento rectilíneo en aire)

-Parábolas de agua (Teorema de Bernoulli)

* Medida cuantitativa de aceleración en función del tiempo con el acelerómetro

Estudio de rozamiento en planos inclinados (Determinación del ángulo crítico y coeficiente de rozamiento)

Caída por un tobogán (Aceleración en un plano inclinado)

Oscilaciones de un columpio (Aceleración en un péndulo)

Aceleración centrípeta de un coche en una rotonda (Movimiento circular uniforme)

Aceleración de una patinadora (Aceleración en la subida de un plano inclinado)



* Comunicación Bluetooth

Control remoto de un acelerómetro instalado en un cohete de agua (Aceleración y propulsión de cohetes)

I.3 Los alumnos mostraron interés en la realización de la tarea de la hoja de cálculo utilizando los datos obtenidos con el acelerómetro para el problema del ascensor planteado en Fundamentos de Mecánica. Puede considerarse Bueno el porcentaje del 52 % de participación en la tarea C (ver Tabla). El porcentaje del 100% de participación de la tarea D se debe a que esta tarea se realizó durante una clase práctica de la asignatura a la que asistieron todos los alumnos. Cabe destacar que en esta clase los alumnos mostraron un gran interés por abordar la resolución del problema del ascensor utilizando un lenguaje de programación.

I.4 Tarea E. Taller de representación de curvas y superficies. Al tratarse de una tarea obligatoria en la asignatura Herramientas Informáticas, la participación de los alumnos fue del 100%. Para ello, fue necesario que aquellos alumnos que no habían participado actividad inicial de toma de datos y no dispusiesen de un archivo de datos tomaran datos con su teléfono o con el de otro compañero del grupo de trabajo. Analizando las calificaciones de los alumnos en las tareas de evaluación continua relacionadas con el trabajo (representación de curvas y superficies, tratamiento de ficheros), se observa que el 59.09% de los alumnos obtienen una calificación mejor que la media de las calificaciones en dichas tareas, con lo que los resultados son buenos en este indicador. Parece que participar en este tipo de actividades, en líneas generales, fomenta el interés de los alumnos por el aprendizaje de la materia, lo cual se ve reflejado en las calificaciones de la misma.

	Asignatura	Grado	Porcentaje de participación
Tarea A	Fundamentos de Mecánica	Fis/PCEO B	74%
		Mat/PCEO A	70%
Tarea B	Fundamentos de Mecánica	Fis/PCEO B Mat/PCEO A	50%
Tarea C	Introducción a la Física Computacional	Fis/PCEO B	52%
Tarea D	Introducción a la Física Computacional	Fis/PCEO B	100%
Tarea E	Herramientas Informáticas	Mat/PCEO A	100%

II. Encuestas de satisfacción

Al finalizar el curso, en la asignatura Herramientas Informáticas se les realizó a los alumnos una encuesta de satisfacción en la que se abordaban diferentes aspectos sobre el desarrollo y aprendizaje de la materia. Entre las preguntas, dos estaban relacionadas con el taller de representación de curvas y superficies, y en ellas los alumnos debían valorar, en una escala del 1 al 5 (1 totalmente en desacuerdo, 5 totalmente de acuerdo), una serie de cuestiones relacionadas con las actividades realizadas en el taller (Figuras 1 y 2).

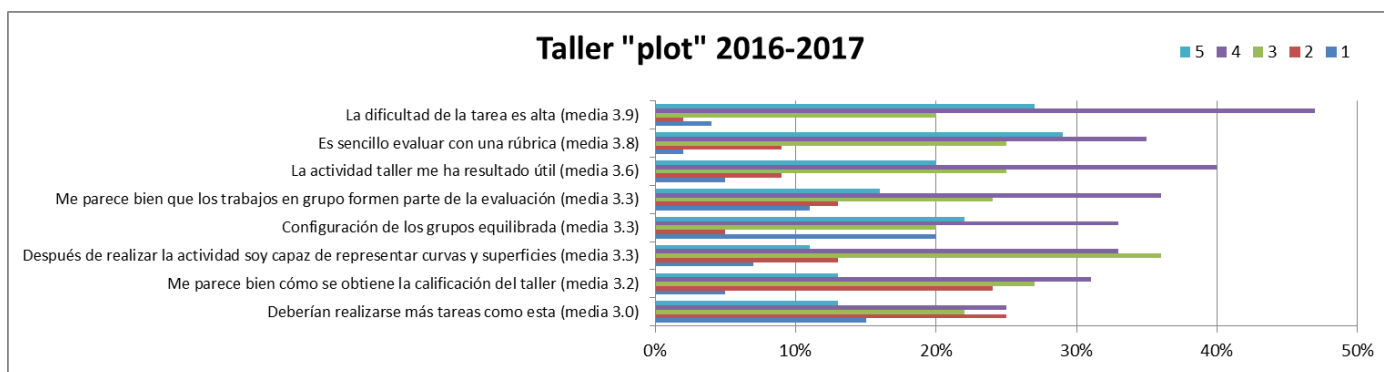


Figura 1

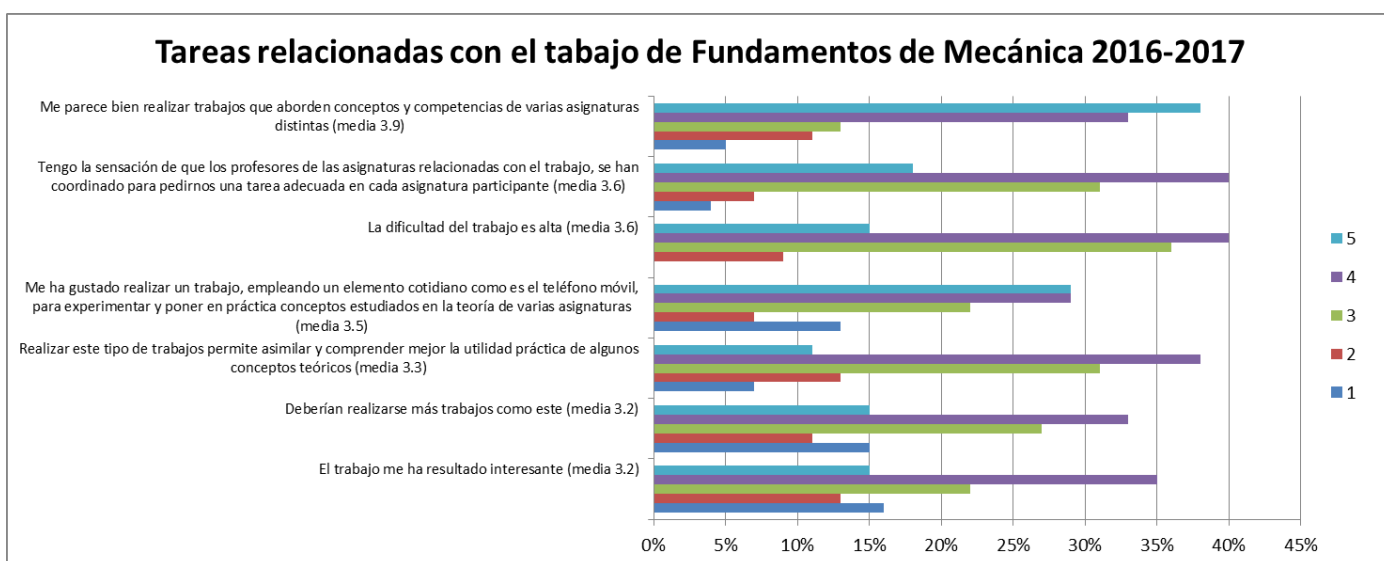


Figura 2

Como se observa en la Figura 1, los alumnos valoran muy positivamente la actividad taller, todas las medias se encuentran por encima de 3, es decir por encima del 50% de la calificación que se puede obtener. Los alumnos consideran que la actividad les ha resultado útil en el aprendizaje de la materia y que después de esta actividad son capaces de representar curvas y superficies. Con respecto a la tarea relacionada con este proyecto de innovación docente, Figura 2, los alumnos están muy satisfechos (medias también por encima de 3) con la realización de trabajos que pongan en práctica los conceptos y materias de distintas asignaturas, en la resolución de un problema real. Las respuestas de los alumnos ponen de manifiesto que la experiencia ha sido buena, y que valoran el esfuerzo de coordinación entre asignaturas y profesores para plantearles un problema cotidiano y poder ver la aplicación práctica de los conceptos teóricos estudiados en diversas materias de una forma global y no aislada dentro de una asignatura.

Al finalizar el curso, en la asignatura Introducción a la Física Computacional se realizó, a través del Campus Virtual, una encuesta de satisfacción a los alumnos sobre la tarea del ascensor, en ella los alumnos debían valorar, en una escala del 1 al 5 (1 totalmente en desacuerdo, 5 totalmente de acuerdo), una serie de cuestiones relacionadas con las actividades realizadas en esta tarea (Figura 3).

	Ranking de la media ↓					
	1	2	3	4	5	
Me parece bien realizar trabajos que aborden conceptos y competencias de varias asignaturas distintas.				■		4.5
Me ha gustado realizar un trabajo, empleando un elemento cotidiano como es el teléfono móvil, para experimentar y poner en práctica conceptos estudiados en la teoría de varias asignaturas.				■		4.3
Deberían realizarse más trabajos como este.				■		3.8
Realizar este tipo de trabajos permite asimilar y comprender mejor la utilidad práctica de algunos conceptos teóricos.				■		4.2
La dificultad del trabajo es alta.			■			2.9
Tengo la sensación de que los profesores de las asignaturas relacionadas con el trabajo, se han coordinado para pedirnos una tarea adecuada en cada asignatura participante.				■		4.2
El trabajo me ha resultado interesante.				■		4.0

Figura 3

La Figura 3 muestra que los alumnos valoran muy positivamente la actividad propuesta en la tarea del ascensor, la mayor parte de las medias se encuentran por encima de 4, salvo la que hace referencia a la dificultad del trabajo. Las respuestas de los alumnos ponen de manifiesto que la experiencia ha sido positiva y que han sido conscientes de la coordinación entre las diferentes asignaturas y profesores.

III. Resultados académicos de la docencia coordinada

Se observa que los alumnos de grado de Matemáticas/PCEOA que participaron conjuntamente en las tareas A, B y E (FMec en coordinación con HI) tienen unas calificaciones en Fundamentos de Mecánica un 10% superiores a la media en el global de la asignatura, con un 65% de los alumnos con calificaciones superiores a la media. Los alumnos de grado de Física/PCEOB que participaron conjuntamente en las tareas A, B, C y D (FMec en coordinación con IFC) tienen unas calificaciones en Fundamentos de Mecánica un 15% superior a la media en el global de la asignatura, con un 70% de los alumnos con calificaciones superiores a la media.

En la asignatura Herramientas Informáticas, se observa que los alumnos que participaron conjuntamente en las tareas A, B y E por lo general tienen unas calificaciones finales y de evaluación continua mejores que las medias globales.

- El 75% de ellos tienen una calificación final superior a la media global de la asignatura, y en media un 5.6% mejor que esta.
- El 80% de ellos tienen una calificación en la evaluación continua (EC) mejor que la media global de EC, y en media un 7.6 mejor que esta. Si analizamos sólo las calificaciones de estos alumnos en las tareas de EC relacionadas con el trabajo (representación de curvas y superficies; tratamiento de ficheros), vemos que el 72,4% de ellos alcanza una calificación mejor que la media global de estas tareas de EC, y en media es un 4.4% mejor.

En todas los casos, el porcentaje de alumnos con mejores calificaciones que las medias globales, de aquellos que participaron conjuntamente en las tareas A, B y E, es superior al 70% por lo que los resultados en este indicador son buenos.



Por otra parte, los alumnos de grado de Física/PCEOB que participaron conjuntamente en las tareas A, C y D tienen una calificación media en Introducción a la Física Computacional un 20 % superior a la media de sus compañeros de grupo que no participaron y 15% superior a la media de la asignatura.

Hay que destacar que en la Tarea B hubo varios grupos de alumnos (15%) que, aunque no emplearon el teléfono móvil en la realización del trabajo, utilizaron el lenguaje de programación Python y la hoja Excel, aprendidos en Introducción a la Física Computacional, para la visualización de trayectorias calculadas en el trabajo de Fundamentos de Mecánica. Con ello mostraron que habían captado los contenidos de ambas asignaturas como algo global, que era uno de los objetivos generales del proyecto.

5.2 Grado de acercamiento a los objetivos planteados frente a los obtenidos

Los objetivos alcanzados en este proyecto se corresponden de una manera clara con lo planteado en un principio, tanto en lo que se refiere a innovación en la metodología docente como en la mejora en la coordinación entre asignaturas.

- Hemos puesto en práctica una nueva herramienta docente TIC en primero de grado de Física y Matemáticas: el acelerómetro de los smartphones.
- Los alumnos han empleado esta herramienta de forma autónoma y creativa para la realización de experimentos sencillos de Mecánica a través de tareas dirigidas (Movimiento Rectilíneo de un Ascensor) y trabajos de grupo.
- La participación de los alumnos en las actividades voluntarias del proyecto fue mayoritaria, reflejando su interés y motivación en el empleo de nuevas herramientas tecnológicas.
- Se han realizado 5 tareas coordinadas entre tres asignaturas de Áreas de Conocimiento distintas, lo que ha favorecido una visión más integrada de la enseñanza por parte de los alumnos y el desarrollo de competencias transversales de aprendizaje autónomo, creatividad, empleo de herramientas informáticas y razonamiento crítico.

5.3 Experiencia adquirida

La puesta en práctica de este proyecto de innovación docente nos ha mostrado de forma concreta tanto dificultades como mejoras por parte de los alumnos en comparación con la docencia cursos previos. Algunas de las más destacables son:

Mejoras:

- Mejor comprensión del concepto de sistema de referencia ya que en Smartphone los ejes de coordenadas están ligados a su geometría por lo que se puede observar el efecto de una rotación del sistema de referencia sobre el vector gravedad de forma interactiva.
- Mejor comprensión de la necesidad del empleo de herramientas informáticas para el trabajo con ficheros de datos de tamaño grande (>1000 datos)
- Mejor comprensión de los conceptos de error estadístico y error sistemático a partir de las gráficas de aceleración vs. Tiempo. Esto es particularmente importante para los alumnos de Doble Grado PCEOA que, debido a la organización de su plan de estudios que empieza por Matemáticas, no asisten a ninguna asignatura de Técnicas Experimentales hasta 4º curso.
- Desarrollo del espíritu crítico al observar discrepancias entre los modelos teóricos sencillos y los datos experimentales. El movimiento de alguno de los ascensores estudiados era más próximo a un oscilador amortiguado que a un movimiento rectilíneo uniforme o uniformemente acelerado. Ello hizo necesario incluir una lección adicional sobre oscilaciones amortiguadas en las clases de teoría de Fundamentos de Mecánica para que los alumnos pudieran comprender sus resultados.
- Mejora de la creatividad en los trabajos de tema libre al dotar a los alumnos con una herramienta tecnológica adicional (acelerómetro)



Dificultades.

- Dificultades en la coordinación por el distinto ritmo de las asignaturas. Se solventó dividiendo las tareas de análisis de datos en dos bloques (hoja de Cálculo y lenguaje de programación). El manejo básico de la hoja de cálculo se ve a principio de curso en Introducción a la Física computacional para los alumnos de Fis/PCEOB pero no se veía en Herramientas Informáticas (alumnos de Mat/PCEOA). Por ello se realizó una introducción a la hoja de cálculo Excel dentro de una Tutoría Grupal de Fundamentos de Mecánica para los alumnos de Mat/PCEOA. Posteriormente, los datos de aceleración en función del tiempo se emplearon en tareas con lenguaje de programación (Python/Octave) en IFC e HI.
- Dificultades en la interpretación de los datos en los experimentos realizados de forma autónoma por la falta de rigor en la toma de datos y de experiencia de los alumnos. Se soluciona a través del seguimiento en tutoría grupal o individual.

6 Conclusiones

Se ha implementado una nueva metodología docente para el uso del acelerómetro interno de los Smartphones en la enseñanza de conceptos de Mecánica Newtoniana involucrando de forma coordinada las asignaturas de teoría (FMec) y de informática (IFC y HI) de primer curso de los grados de Física y Matemáticas. Se han diseñado varias tareas coordinadas en torno a esta herramienta, centrándose en el estudio del movimiento rectilíneo de un ascensor. Los indicadores muestran los buenos resultados del proyecto de innovación tanto en términos de satisfacción como de rendimiento de los estudiantes. A partir de la experiencia adquirida se prevé ampliar el proyecto en próximos cursos añadiendo nuevos tipos de problemas que puedan estudiarse con el acelerómetro del teléfono móvil y mejorando la coordinación entre asignaturas a través de tareas conjuntas.

7 ANEXO I. Lista de objetivos

7.1 Objetivos Generales

Objetivos	% Adecuación
a) Innovación en el ámbito de la metodología docente	40%
b) Innovación en el ámbito de la orientación de los y las estudiantes hacia su futuro laboral.	0%
c) Innovación en el ámbito de la coordinación docente y de la vinculación con entidades externas	40%
d) Innovación para la mejora de competencias transversales en los estudios universitarios	20%
e) Innovación en metodologías y actividades relacionadas los Trabajos de Fin de Grado (TFG) y de Fin de Máster (TFM)	0%
f) Continuidad de proyectos anteriores y fomento de su relación con otros proyectos	0%

7.2 Objetivos Adicionales

Objetivos	% Adecuación
i)	
j)	
k)	
l)	

8 ANEXO II. Indicadores

Nº	Indicador	Modo de evaluación	Rangos
----	-----------	--------------------	--------



Nº	Indicador	Modo de evaluación	Rangos
I.1	Porcentaje de alumnos que participan en la tarea de Movimiento Rectilíneo de un Ascensor	Tareas presentadas a través del campus virtual	Muy Bueno: 70%
I.2	Porcentaje de alumnos que emplean el teléfono móvil para la realización de trabajos de grupo en Fundamentos de Mecánica	Resúmenes presentados por los alumnos a través del campus virtual y presentaciones realizadas en el aula	Bueno: 50%
I.3	Porcentaje de alumnos que emplean el teléfono móvil para la realización de tareas en Introducción a la Física Computacional	Tareas presentadas por los alumnos a través del campus virtual	Bueno: 52 %
I.4	Herramientas Informáticas: Porcentaje de alumnos que participen en la experiencia y obtengan unas calificaciones en las materias relacionadas con el trabajo (Representación de gráficas y superficies, Tratamiento de Ficheros) superiores a la media en dichas materias.	Se tomará como indicador las calificaciones de los alumnos que participen en la experiencia, en las tareas de evaluación continua a los que son sometidos en los temas: Representación de Curvas y Superficies, y Tratamiento de Ficheros.	Buenos: Entre 50% y 70% (59,09%)
II.1	Herramientas Informáticas: Encuesta de satisfacción sobre su participación en la experiencia y las ventajas obtenidas respecto a la asignatura.	Se tomará como indicador los resultados de la encuesta de satisfacción realizada a los alumnos al finalizar los temas relacionados con la experiencia.	Buenos: La media de todos los aspectos valorados está por encima del del 50% de la puntuación (media por encima de 3)
II.2	Introducción a la Física Computacional: Encuesta de satisfacción sobre su participación en la experiencia y las ventajas obtenidas respecto a la asignatura.	Se tomará como indicador los resultados de la encuesta de satisfacción realizada a los alumnos al finalizar los temas relacionados con la experiencia.	Buenos: La media de todos los aspectos valorados está por encima del del 50% de la puntuación (media por encima de 4)
III	Resultados académicos de la docencia coordinada: Porcentaje de alumnos que participan con calificaciones superiores a la media	Calificaciones finales y de evaluación continua de los alumnos que participan en la actividad en dos asignaturas simultáneamente	Bueno: Por encima del 30% en todas las asignaturas involucradas (en el rango del 65%-75% en las calificaciones finales)



9 ANEXO III. Adecuación a los Planes Estratégicos

OBJETIVO 7		
Mejorar los indicadores de eficiencia académica de los graduados y aumentar el nivel de internacionalización de los estudiantes de todos los niveles educativos		
1	Actuaciones que tienen como objeto la mejora e innovación docente, la incorporación integral de las TICs en la oferta formativa	100%
2	Mayor colaboración con las enseñanzas medias	0%
3	Mejorar las competencias lingüísticas de los estudiantes	0%
4	Interculturalidad	0%
5	Mejora de la movilidad	0%
6	Participación en titulaciones dobles y conjuntas con universidades extranjeras	0%
7	Mayor internacionalización del profesorado y los investigadores	0%
OBJETIVO 8		
Aumentar el grado de internacionalización de estudiantes, investigadores, profesores y profesionales de apoyo a la actividad académica		
8	Colaboración con la Casa de las Lenguas, con el Centro Internacional de Postgrado, etc.	0%
9	Impartición de un mayor número de asignaturas de grado en inglés	0%
10	Promoción de la movilidad internacional	0%
OBJETIVO 9		
Promover políticas de empleo dirigidas a compaginar estudio y trabajo dentro de las actividades de los campus universitarios		
11	Incremento de las prácticas que realizan los estudiantes, tanto las relacionadas con su carrera como en proyectos de cooperación sobre el terreno para reforzar su dimensión solidaria	0%
12	Potenciación de la enseñanza semipresencial y no presencial	0%