

# Un acelerógrafo en el bolsillo. Una aplicación móvil como recurso didáctico en disciplinas STEM

Carla Iglesias Comesaña<sup>1</sup>, Pío González Fernández<sup>2\*</sup>, María Veiga Ríos<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería de los Recursos Naturales y Medio Ambiente, Escuela de Ingeniería de Minas y Energía, Universidad de Vigo, 36.310 Vigo

<sup>2</sup>Departamento de Física Aplicada, Escuela de Ingeniería Industrial, Universidad de Vigo, 36310 Vigo, pglez@uvigo.es

## Resumen

La educación STEM, de las siglas en inglés Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas, abarca la enseñanza en todos los niveles de los citados campos de conocimiento, no sólo en contextos formales, sino también informales.

Esta propuesta didáctica gira en torno al uso de dispositivos móviles como acelerómetros para observar, registrar y analizar diferentes aspectos del movimiento ondulatorio, objeto de estudio en disciplinas STEM en diferentes niveles de Enseñanza Secundaria. En concreto, la propuesta se basa en la introducción del acelerógrafo en 2º de ESO y continuar usándolo hasta 2º de Bachillerato en diferentes momentos del curso, para trabajar conceptos STEM en Biología y Geología, Física y Matemáticas.

La aplicación puede usarse con diferentes niveles de complejidad, e incluso una misma actividad puede adaptarse a los diferentes niveles de formación de los alumnos: desde la simple observación de medidas en la pantalla hasta el procesamiento de datos en una hoja de cálculo para deducir leyes físicas cuantitativas. De este modo, una vez que el alumno se familiariza con esta herramienta, se puede aprovechar con fines educativos de muchas maneras. El hecho de abordar estos conceptos a través de una metodología manipulativa y de investigación incentiva la curiosidad de los alumnos y permite acercarlos al método científico.

**Palabras clave:** acelerógrafo, app, experiencia, física, geología, matemáticas, secundaria, Smartphone, teléfono móvil.

## 1. INTRODUCCIÓN

El término STEM, acrónimo inglés de Science, Technology, Engineering y Mathematics, se emplea para referirse a la educación de dichas disciplinas contemplándolas como algo cotidiano, presentes en nuestro día a día. Sin embargo, la enseñanza de las ciencias aparece

asociada en numerosas ocasiones a dificultades en la comprensión de conceptos abstractos por parte de los alumnos, especialmente cuando se aborda la transmisión de dichos conceptos desde la tradicional metodología docente de la clase magistral (Dorrío y Rúa Vieites 2007). La comprensión efectiva no sólo de la ciencia, sino también de la tecnología, pasa por incorporar al método docente experiencias prácticas, pequeñas tareas que apliquen el método científico, que motiven al alumnado y provoquen una implicación cognitiva (Lucas 1983).

De este modo, el diseño de experiencias científicas sencillas, asequibles para cualquier centro y que no requieren excesivos recursos materiales, es una valiosa herramienta que permite visualizar conceptos nuevos y ayuda a su comprensión (Anthoine, Marazzi y Tirelli 2010). Si además estas experiencias científicas logran conectar los conceptos trabajados con lo cotidiano, familiar para el alumnado, el efecto será mayor (Vera Tapias 2012).

En esta línea, muchos son los ejemplos que se pueden encontrar en la literatura, especialmente en el campo de la física. Un buen ejemplo es la red Hands-On-Science, en la que un grupo de docentes ha diseñado numerosas actividades manipulativas basadas en herramientas TIC o materiales cotidianos para experimentar distintos conceptos de física («Hands-On-Science network» [sin fecha]). Estas actividades se describen como una herramienta motivadora a la vez que didáctica, y se pueden aplicar a todos los niveles educativos (Costa y Vázquez Dorrío 2010; Dorrío y Rúa Vieites 2007; Fiorella y Mayer 2016).

En Biología y Geología es posible encontrar también numerosas actividades TIC basadas en animaciones para visualizar y reforzar distintos conceptos como la tectónica de placas, el Sistema Solar, el ciclo geológico y estructuras como las fallas, o la genética humana, por citar algunos ejemplos (Carrasco Bargueño 2010; Ministerio de Educación Cultura y Deporte de España [sin fecha]).

Bajo la premisa de que aquellas actividades interactivas son más favorables para la construcción de un aprendizaje significativo (Chi 2009), y teniendo en cuenta el carácter motivador y clarificador de las experiencias antes referidas, parece claro que merece la pena tratar de incorporar este tipo de recursos didácticos en la enseñanza secundaria en materias científicas.

Por otra parte, el uso del teléfono móvil en educación se está poco a poco extendiendo, aprovechando las características inherentes a estos dispositivos de movilidad, conectividad, ubicuidad y permanencia (Cantillo Valero, Roura Redondo y Sánchez Palacín 2012). Más allá del habitual empleo del teléfono móvil en redes sociales, este dispositivo se puede ver desde otra perspectiva (The European Platform for Science Teachers 2014), como una herramienta

para que los alumnos/as construyan su propio aprendizaje cuando y donde quieran (Ferreira et al. 2013; Santos y Ali 2012).

En los últimos años se han publicado numerosas propuestas que aprovechan el teléfono móvil como recurso didáctico, ya sea en el campo de enseñanza de las lenguas o en el ámbito científico. Por ejemplo, en la bibliografía se puede encontrar una experiencia sencilla en la que, empleando smartphones, se estudian cuantitativamente las características del efecto Doppler (Di Laccio et al. 2017): relacionando la información del movimiento del péndulo (registrada con un teléfono móvil) y las diferentes señales de audio registradas al paso de la fuente de sonido colocada en el péndulo, se obtiene un modelo teórico sencillo que explica los datos tomados.

En campo de las ciencias, además, la variedad de aplicaciones disponibles para las distintas plataformas hace que dispongamos de instrumentos de medida digitales no siempre accesibles en su formato habitual para un centro educativo de Secundaria. De este modo, en Google Play se pueden encontrar aplicaciones para Android de calculadora científica, brújula, barómetro, fotómetro, telémetro, sonómetro, sensor de velocidad, nivel o metrónomo, por ejemplo. La mayoría de ellas u otras similares se encuentran disponibles también para iOS en la App Store.

En este caso, la aplicación empleada es un acelerógrafo, que aprovechando los sensores del dispositivo móvil permite registrar la aceleración de la vibración detectada en las tres direcciones del espacio. Así, este trabajo presenta una serie de pequeñas experiencias científicas cuyo denominador común es el empleo del teléfono móvil (o Tablet) como un acelerógrafo. Con él se registrarán los datos de las vibraciones generadas en las experiencias, para su observación y posterior análisis, trabajando distintos contenidos en varias etapas de Secundaria y en varias materias, siendo un recurso didáctico multinivel y multidisciplinar para trabajar, reforzar, presentar o experimentar conceptos relacionados con el movimiento ondulatorio .

La propuesta se basa en introducir el acelerógrafo en 2º de ESO y continuar usándolo hasta 2º de Bachillerato en diferentes momentos del curso para trabajar conceptos de STEM en las materias de Biología y Geología, Física y Matemáticas. La aplicación se puede emplear con distintos niveles de complejidad, desde la simple observación en pantalla de las vibraciones medidas hasta el tratamiento de sus datos en una hoja de cálculo, por lo que una vez el alumnado se familiariza con esta herramienta es posible explotarla con fines didácticos de múltiples formas. De hecho, una misma actividad se puede adaptar a los distintos niveles de

formación del alumnado, desde una observación cualitativa del experimento hasta la obtención o deducción de leyes físicas cuantitativas (Anthoine, Marazzi y Tirelli 2010).

Se han diseñado una serie de experiencias de distinta complejidad, cada una de ellas orientada al trabajo de una parte de los contenidos del currículo de Secundaria. En 2º de ESO se aprovecharán los datos registrados con varios dispositivos para realizar cálculos estadísticos sencillos. En 3º de ESO se emplearán las vibraciones medidas en distintas circunstancias para ilustrar el concepto de riesgo sísmico. En 4º de ESO y 1º de Bachillerato se aprovechará este recurso nuevamente en el campo de la geología para trabajar el concepto de la estructura interna de la Tierra y su deducción a partir de técnicas geofísicas. Por último, en 2º de Bachillerato se puede trabajar el tema de movimiento ondulatorio desde distintas vertientes, desde una sencilla introducción a los tipos de ondas hasta la deducción de expresiones relacionadas con su intensidad.

Los conceptos del movimiento ondulatorio se presentan habitualmente de manera teórica al alumnado, basándose las propuestas innovadoras en el empleo de recursos TIC para su visualización mediante animaciones (Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado [sin fecha]) o en sencillas actividades en las que cuerdas, muelles o los propios alumnos (Vera Tapias 2012) simulan los distintos tipos de ondas. Cuando se trata de sismología, se pueden encontrar en la literatura algunos ejemplos de proyectos educativos que, empleando recursos materiales más o menos complejos (desde un sismógrafo estándar hasta las instalaciones del European Laboratory for Structural Assessment - ELSA) acercan estos conceptos a los alumnos/as (Díaz y Ruiz 2016; Anthoine, Marazzi y Tirelli 2010). Sin embargo, en la literatura consultada no se ha encontrado ninguna experiencia realmente manipulativa que permita observar, registrar y analizar los datos de una onda mediante un dispositivo tan cotidiano como un móvil o tablet.

## **2. PROPUESTA DIDÁCTICA**

Esta propuesta didáctica gira en torno al uso de dispositivos móviles como acelerógrafos para observar, registrar y analizar distintos aspectos relativos al movimiento ondulatorio, trabajando conceptos de materias STEM como Física, pero también de Matemáticas y Biología y Geología en distintos niveles de Educación Secundaria.

### **2.1. JUSTIFICACIÓN**

Las experiencias didácticas presentadas se centran en acercar al alumnado a conceptos científicos difíciles de observar y que por su carácter abstracto puede presentarse como de

difícil comprensión. Los recursos didácticos habitualmente empleados mejoran este aspecto al basarse en aplicaciones TIC que representan dichos conceptos, pero no se hace uso de actividades manipulativas que posibiliten un aprendizaje más motivador, interactivo y constructivo.

Asimismo, se ha querido aprovechar la funcionalidad de la aplicación móvil seleccionada en lo que a tratamiento de los datos registrados se refiere, pudiendo llevar a cabo actividades de transferencia de archivos y análisis en hojas de cálculo, desarrollando la destreza tecnológica y matemática del alumnado.

Todo ello se ha enmarcado en distintas experiencias prácticas de sencilla ejecución y relativamente cortas (una o dos sesiones) que, a partir de elementos conocidos, permiten aplicar el método científico en distintos niveles y materias.

## 2.2. CONTENIDOS DEL CURRÍCULO TRABAJADOS

De manera resumida, a continuación se incluyen los contenidos del currículo trabajados en cada experiencia en los distintos cursos y materias (Tabla 1).

**Tabla 1. Contenidos trabajados en cada experiencia propuesta.**

<b>Experiencia diseñada n°</b>	<b>Curso</b>	<b>Materia</b>	<b>Bloque</b>
1	2º ESO	Matemáticas	Bloque 1. Procesos, métodos y actitudes en matemáticas - Bloque 5. Estadística y probabilidad
2	3º ESO	Biología y Geología	Bloque 1. Habilidades, destrezas y estrategias. Metodología científica - Bloque 4. El relieve terrestre y su evolución
3	4º ESO	Biología y Geología	Bloque 2. La dinámica de la Tierra
	1º Bachillerato	Biología y Geología	Bloque 7. Estructura y composición de la Tierra
4, 5, 6	2º Bachillerato	FÍSICA	Bloque 1. La actividad científica - Bloque 4. Ondas

## 2.3. OBJETIVOS GENERALES Y DIDÁCTICOS

En lo referente a los objetivos didácticos, cada una de las seis experiencias educativas tiene sus propios objetivos didácticos, pero comparten los siguientes:

- Incentivar el interés del alumnado al analizar situaciones reales e identificar los conceptos científicos relacionados para una mejor comprensión de los mismos.
- Presentar conceptos matemáticos y físicos al alumnado de manera que dejen de ser abstractos, visualizando una manifestación física como es la vibración en las tres dimensiones.
- Llevar a la práctica conceptos que se imparten habitualmente de manera teórica para favorecer la motivación y la construcción de conocimiento por parte de los alumnos/as.
- Familiarizarse con el método científico mediante pequeñas experiencias en las que realizan una toma de datos y su posterior tratamiento.
- Emplear un recurso cotidiano como el teléfono móvil o Tablet para una actividad educativa para hacerla más atractiva y poner de manifiesto la utilidad de estos dispositivos como herramienta de aprendizaje.
- Desarrollar habilidades y destrezas en el trabajo en grupo, así como en el uso de las nuevas tecnologías para registrar, transferir y analizar datos de distinta índole.

Asimismo, los objetivos didácticos particulares de cada experiencia se detallan en el apartado correspondiente a cada una de ellas.

## **2.4. METODOLOGÍA**

### Principios metodológicos

Los principios metodológicos principales a seguir son el constructivismo, la cooperación y la socialización dada la importancia del desarrollo de la capacidad de trabajo en grupo en el ámbito escolar y laboral. A estos se les suman el aprendizaje significativo, muy importante para mejorar el proceso de aprendizaje gracias a una mejor asimilación e reestructuración de la información recibida elaborada por el propio alumno/a. También parece imprescindible potenciar la autonomía del alumnado, su creatividad y la individualización.

### Estrategias metodológicas

Trabajar de modo competencial en el aula supone un cambio metodológico importante; el docente pasa a ser un gestor de conocimiento del alumnado y el alumno/a adquiere un mayor grado de protagonismo, siempre partiendo de la competencia inicial del alumnado.

La competencia matemática es una capacidad en la que intervienen múltiples factores: conocimientos específicos de materia, formas de pensamiento, hábitos, destrezas, actitudes,

etc. Todos ellos están íntimamente ligados y enlazados de modo que, lejos de ser independientes, la consecución de cada uno esté ligado a la de los demás. La finalidad fundamental de la enseñanza de las matemáticas es el desarrollo de la facultad de razonamiento y de abstracción.

Es importante la vinculación a contextos reales de los trabajos propuestos, así como generar posibilidades de aplicación de los contenidos adquiridos. Las tareas competenciales facilitan este aspecto, que se podría complementar con proyectos de aplicación de los contenidos.

Asimismo, es importante la propuesta de trabajos en grupo, colaborativos, ante problemas que estimulen la curiosidad y la reflexión del alumnado, ya que, además del entrenamiento de habilidades sociales básicas y enriquecimiento personal desde la diversidad, permiten desarrollar estrategias de defensa de sus argumentos frente a los de sus compañeros/as y seleccionar la respuesta más adecuada para la situación problemática formulada.

#### Otras decisiones metodológicas

En general, las actividades se podrán desarrollar en el aula, aunque algunas de ellas sería recomendable realizarlas en el laboratorio o incluso en el patio exterior para evitar manchar o mojar el espacio de clase habitual, además de movilizar y activar al alumnado sacándoles de la rutina.

Todas las experiencias están diseñadas para realizarlas en grupo, pudiendo variar el número de integrantes de 2 a 3 en función de los dispositivos móviles y otros materiales disponibles.

## **2.5. MATERIALES Y RECURSOS EMPLEADOS**

El núcleo de las experiencias propuestas es la aplicación Accelerometer Analyzer, disponible para Android en versión móvil y Tablet de manera gratuita (Figura 1). Se puede encontrar en el siguiente link de descarga:

<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.lul.accelerometer&hl=es>

Se trata de una aplicación que convierte el dispositivo en un acelerógrafo capaz de medir la aceleración en las tres componentes espaciales: las dos horizontales (longitudinal y transversal) y la vertical, tomando una medida cada 5 ms. Permite observar la vibración detectada, así como grabarla y exportar el archivo de datos a un PC en formato .txt.



**Figura 1. Aplicación empleada como recurso didáctico.**

Además de un móvil o Tablet con la citada app instalada, que ejercerá de instrumento de medida, para las distintas experiencias se precisará del siguiente material o equipamiento:

- Ordenador (ya sea de sobremesa o portátil) con hoja de cálculo. Se empleará en todas aquellas experiencias en las que se lleve a cabo el tratamiento de datos registrados.
- Un teléfono móvil que ejercerá de fuente de ondas (vibración) en todas las experiencias. En el caso de la n°1, sería deseable disponer de varios modelos diferentes.
- Distintos medios físicos (madera, arena, agua,...) para las experiencias n°3 y n°6. En el caso de la experiencia n°6, planchas de distintos espesores de conglomerado de madera, poliespan,...
- Flexómetro o regla para medir las distancias entre la fuente generadora de ondas y el acelerógrafo.
- Cinta de doble cara para fijar los dispositivos en la configuración de la experiencia n°6.
- Bolsas de plástico con cierre zip para la experiencia n°3.

## **2.6. DISEÑO Y DESCRIPCIÓN DE LAS EXPERIENCIAS DIDÁCTICAS**

### **2.6.1. Caracterización de la vibración de un móvil**

#### Objetivos didácticos

- Comprender la utilidad de los cálculos estadísticos descriptivos para caracterizar un evento o población.
- Familiarizarse con el proceso de recogida de datos de distintos aparatos de medida y a su posterior tratamiento.
- Realizar cálculos estadísticos (media, desviación típica, mediana, moda, rango y cuartiles) tanto manuales como en una hoja de cálculo.

#### Descripción y desarrollo



Esta experiencia está orientada al bloque 5 de Estadística y probabilidad de Matemáticas de 2º de ESO. Se les explica que los contenidos a trabajar se basan en la estadística descriptiva, y se expone su utilidad para caracterizar un evento o un conjunto de elementos. Al introducir la experiencia, se les pueden plantear cuestiones como “¿sabéis cómo vibra vuestro móvil?, ¿vibran todos igual?, ¿cuál de nuestros móviles funciona mejor como sensor de vibraciones?”, que despertarán su curiosidad y motivación ante la actividad.

Los alumnos/as se distribuirán en grupos de 2-3, y cada grupo deberá disponer de un dispositivo móvil o Tablet con la app instalada (serán los sensores de medida). Un móvil actuará como fuente de vibraciones (se realizará una llamada para provocar que vibre). La disposición será la mostrada en la Figura 2: el móvil fuente de vibraciones se coloca sobre una mesa y los restantes móviles, que registrarán la vibración, se disponen a su alrededor formando una circunferencia (manteniendo así la distancia constante). Debe procurarse que la orientación de los móviles-sensores en relación con la propagación de la vibración sea la misma, para poder comparar los resultados.

Una vez tomados los registros, cada grupo pasa a un ordenador su archivo de datos y buscar la máxima aceleración medida por su sensor. Tales aceleraciones máximas medidas por los grupos se ponen en común y los alumnos/as construyen una tabla de recogida de datos, a partir de la cual realizan los cálculos estadísticos de media, desviación típica, mediana, moda, rango y cuartiles. Los cálculos se realizan manualmente, primero, y en la hoja de cálculo después, a modo de comprobación.



**Figura 2. Diagrama de la experiencia didáctica n.º1.**

### Temporalización

Esta experiencia se realiza en dos sesiones. En la primera, se introduce el tema, se lleva a cabo el trabajo experimental de la toma de datos, se transfieren los datos al ordenador para

que cada grupo obtenga su valor de aceleración máxima medida y se ponen en común tales valores. En la segunda sesión se realizará el tratamiento de datos: con la tabla construida a partir de los valores anteriores, cada alumno/a calcula manualmente los descriptores estadísticos (que serán explicados por el docente en la misma sesión); finalmente, en grupo implementarán los mismos descriptores en una hoja de cálculo, siendo guiados por el docente en cuanto a las funciones a emplear y sirviendo para comprobar la corrección de los cálculos manuales.

### Evaluación

Se evaluará la consecución de los objetivos didácticos definidos para esta experiencia mediante la rúbrica de la Tabla 3.

**Tabla 2. Rúbrica de evaluación de la experiencia nº1.**

Indicador	Grado de consecución		
	Completo (2)	Suficiente (1)	Insuficiente (0)
<b>Comprensión de los conceptos estadísticos y su aplicación</b>	Es capaz de caracterizar razonadamente un evento o población a través de cálculos estadísticos.	Caracteriza un evento o población a través de cálculos estadísticos de manera mecánica pero lo razona parcialmente.	No comprende la utilidad de los cálculos estadísticos para caracterizar un evento o población, aunque sabe aplicar algunas expresiones.
<b>Toma de datos</b>	Identifica la información de interés y organiza de manera adecuada los datos recogidos en una tabla.	-	No identifica la información de interés ni la recoge organizadamente.
<b>Tratamiento de datos</b>	Efectúa correctamente los cálculos pertinentes manualmente y en la hoja de cálculo.	Efectúa correctamente los cálculos pertinentes manualmente pero no en la hoja de cálculo.	No efectúa correctamente los cálculos pertinentes manualmente ni en la hoja de cálculo.
<b>Trabajo en equipo</b>	Siempre colabora con sus compañeros, respeta sus opiniones, participa y deja participar	Habitualmente colabora con sus compañeros, respeta sus opiniones, participa y deja participar	No colabora con sus compañeros, no respeta sus opiniones ni se muestra participativo/a
<b>Desempeño durante la experiencia</b>	Trabaja de manera organizada y sigue las normas siempre	Trabaja de manera organizada y sigue las normas habitualmente	No trabaja de manera organizada y/o no sigue las normas

## 2.6.2. Introducción del concepto de riesgo sísmico

### Objetivos didácticos

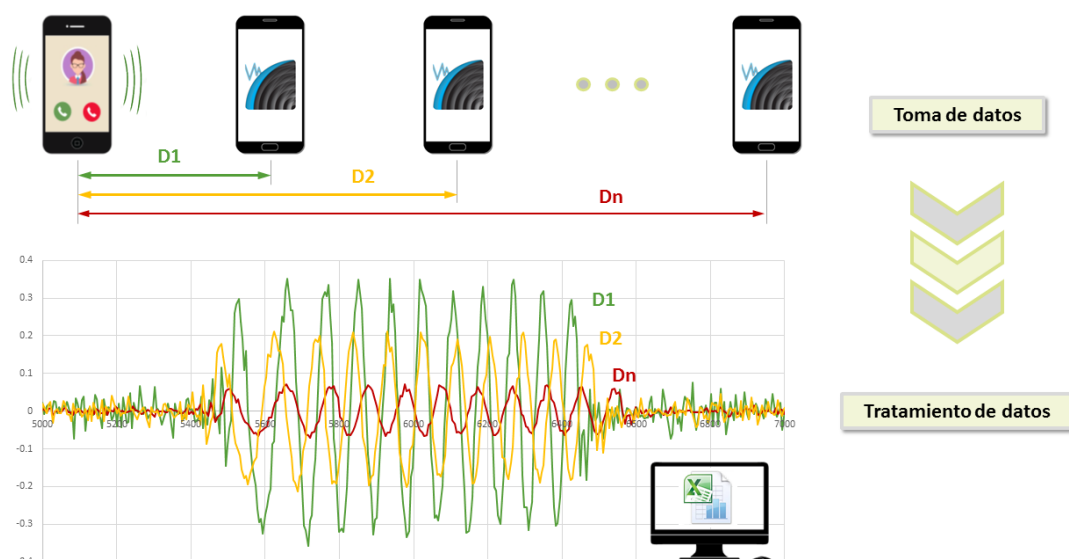
- Observar, mediante una sencilla práctica, cómo una misma vibración se percibe de diferente manera y con intensidad variable al alterar la distancia al foco.

- Introducir los conceptos de riesgo sísmico, peligrosidad sísmica, vulnerabilidad y exposición a partir de una experiencia empírica.

### Descripción y desarrollo

Esta experiencia se encuadra en el Bloque 4. El relieve terrestre y su evolución de Biología y Geología de 3º de ESO, concretamente en la parte de sismología en la que se trabajan los conceptos de riesgo sísmico y volcánico. La idea es que, mediante esta sencilla práctica, los alumnos/as observen las diferentes aceleraciones medidas para una misma vibración al tomar dichas medidas en distintos puntos, dando pie a la deducción de los conceptos de peligrosidad sísmica, vulnerabilidad, exposición y riesgo sísmico (que integra los anteriores). Se aplica, pues, una metodología de aprendizaje por descubrimiento.

Al inicio de la sesión se distribuye a los alumnos/as en grupos de 2-3, cada uno de los cuales deberá disponer de un dispositivo con la aplicación instalada y un móvil con vibración que ejercerá de foco de las ondas. Cada grupo procederá de la siguiente manera (Figura 3): con el foco de ondas colocado en un punto fijo, se colocará el acelerógrafo a 3 ó 4 distancias (en línea recta) diferentes y se registrará la vibración recibida; a continuación, reunirán en una tabla los valores de distancia y máxima aceleración medida correspondiente (este análisis puede realizarse directamente a partir de la pantalla del móvil/Tablet durante la práctica, o una vez pasados al ordenador en la hoja de cálculo).



**Figura 3. Diagrama explicativo de la experiencia didáctica n°2.**

Una vez tengan los valores de distancia-aceleración máxima, se les plantean cuestiones: “¿qué habéis observado? Imaginaos ahora que en vez de un móvil vibrando hablamos de un terremoto, ¿percibiría igual la gente del alrededor esa vibración? ¿y las estructuras? Si el terremoto es el mismo, ¿por qué para unos es más peligroso que para otros? ¿Por qué a unos

edificios los tira y a otros no les pasa nada? ¿Qué factores creéis que hay involucrados en la afección de una estructura?”

Tras esta serie de preguntas, que hará que reflexionen y saquen sus propias conclusiones, se definirán los conceptos de peligrosidad sísmica, vulnerabilidad, exposición y riesgo sísmico.

#### Temporalización

Esta experiencia se desarrolla en una única sesión, especialmente si los valores de aceleración máxima se apuntan directamente por observación de la vibración medida en la pantalla del móvil/Tablet registrador. En el caso de trasladar los datos al ordenador y realizar en la hoja de cálculo la búsqueda de los valores máximos, puede ser necesaria una segunda sesión.

#### Evaluación

Se evaluará la consecución de los objetivos didácticos definidos para esta experiencia mediante la rúbrica de la Tabla 4.

**Tabla 3. Rúbrica de evaluación de la experiencia nº2.**

Indicador	Grado de consecución		
	Completo (2)	Suficiente (1)	Insuficiente (0)
Toma de datos	Identifica la información de interés y organiza de manera adecuada los datos recogidos en una tabla.	-	No identifica la información de interés ni la recoge organizadamente.
Trabajo en equipo	Siempre colabora con sus compañeros, respeta sus opiniones, participa y deja participar.	Habitualmente colabora con sus compañeros, respeta sus opiniones, participa y deja participar.	No colabora con sus compañeros, no respeta sus opiniones ni se muestra participativo/a.
Adquisición de conceptos	Comprende totalmente los conceptos de peligrosidad sísmica, vulnerabilidad, exposición y riesgo sísmico.	Comprende parcialmente los conceptos de peligrosidad sísmica, vulnerabilidad, exposición y riesgo sísmico.	No comprende los conceptos de peligrosidad sísmica, vulnerabilidad, exposición y riesgo sísmico.

### **2.6.3. ¿Qué nos dicen las ondas sobre la estructura interna de la Tierra?**

#### Objetivos didácticos

- Introducir el concepto de transmisión de ondas sísmicas y su utilidad para conocer el interior de la Tierra.
- Comprobar el comportamiento de las ondas al transmitirse por diferentes medios físicos.
- Comprender cómo a partir del análisis de la propagación de las ondas sísmicas por el interior de la Tierra se pueden deducir las distintas composiciones y características dinámicas de sus capas.

### Descripción y desarrollo

Esta experiencia se centra en una parte común al Bloque 2. La dinámica de la Tierra y al Bloque 7. Estructura y composición de la Tierra de la materia de Biología y Geología de 4º de ESO y 1º de Bachillerato, respectivamente. Se tiene, pues, la oportunidad de aplicar esta práctica en cualquiera de los dos cursos, lo cual es una ventaja en aquellos casos en los que el alumnado varía significativamente en el centro al pasar de la etapa ESO a Bachillerato.

Para el desarrollo de la actividad se precisan al menos dos medios físicos distintos por los que la vibración deberá propagarse, como arena y agua. En el primer caso, se preparará un lecho de arena sobre el que se colocarán los dispositivos electrónicos, mientras que en el segundo caso se recurrirá a un recipiente lleno de agua y otros más pequeños que, junto con las bolsas de plástico con zip, permitirán sumergir ambos dispositivos (el que vibra y el que registra) y analizar la propagación de las ondas en el medio líquido. Se precisarán varios conjuntos de tales medios, ya que la propuesta es que sean los alumnos/as, en grupos de 2-3 personas, quienes realicen la experimentación.

La sesión se comienza con una breve introducción al problema de estudio, planteando al gran grupo cuestiones como: “¿cómo es la Tierra por dentro? ¿De qué manera podemos saberlo?”. Se explica el método geodinámico y se plantea la experiencia como una comprobación del fundamento de dicho método.

El procedimiento consiste en colocar la fuente de vibración y el acelerógrafo a una distancia fija el uno del otro y observar la vibración percibida en diferentes medios físicos. Deben apuntar las observaciones que les parezcan pertinentes cuando la vibración se propaga por un medio u otro, y tratar de sacar conclusiones al respecto. Seguidamente, se ponen en común y se comentan las diferencias cuando el medio es de distintas rigideces (incluyendo el caso de los líquidos) para explicar la deducción de la estructura interna de la Tierra a partir del estudio de la velocidad de propagación de las ondas sísmicas (Figura 4).

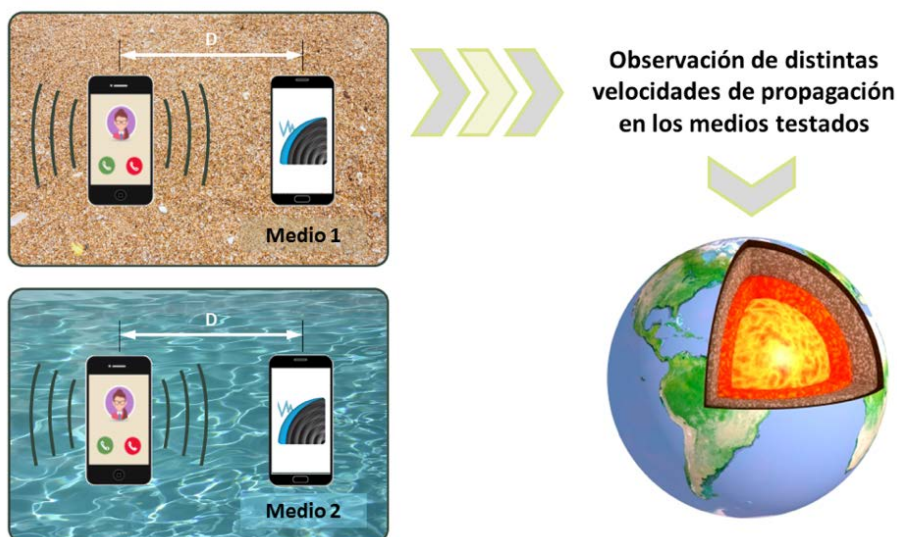


Figura 4. Diagrama explicativo de la experiencia didáctica n°3.

### Temporalización

Esta experiencia se realiza en una sesión. Se recomienda que sea en el laboratorio o aula de prácticas, o incluso en el exterior del edificio.

### Evaluación

Se evaluará la consecución de los objetivos didácticos definidos para esta experiencia mediante la rúbrica de la Tabla 5.

Tabla 4. Rúbrica de evaluación de la experiencia n°3.

Indicador	Grado de consecución		
	Completo (2)	Suficiente (1)	Insuficiente (0)
Toma de datos e interpretación	Identifica los datos de interés, realiza observaciones relevantes durante la experiencia y elabora un discurso coherente sobre lo observado.	Identifica los datos de interés y apunta observaciones relevantes durante la experiencia, pero no elabora un discurso coherente sobre lo observado.	No identifica los datos relevantes ni realiza las observaciones adecuadas al experimento. No relaciona lo observado con coherencia.
Trabajo en equipo	Siempre colabora con sus compañeros, respeta sus opiniones, participa y deja participar.	Habitualmente colabora con sus compañeros, respeta sus opiniones, participa y deja participar.	No colabora con sus compañeros, no respeta sus opiniones ni se muestra participativo/a.
Adquisición de conceptos	Comprende totalmente la relación entre la rigidez del medio y la propagación de las ondas	Comprende parcialmente la relación entre la rigidez del medio y la propagación de las ondas sísmicas en el mismo.	No comprende la relación entre la rigidez del medio y la propagación de las ondas sísmicas en el mismo.

Indicador	Grado de consecución		
	Completo (2)	Suficiente (1)	Insuficiente (0)
	sísmicas en el mismo.		

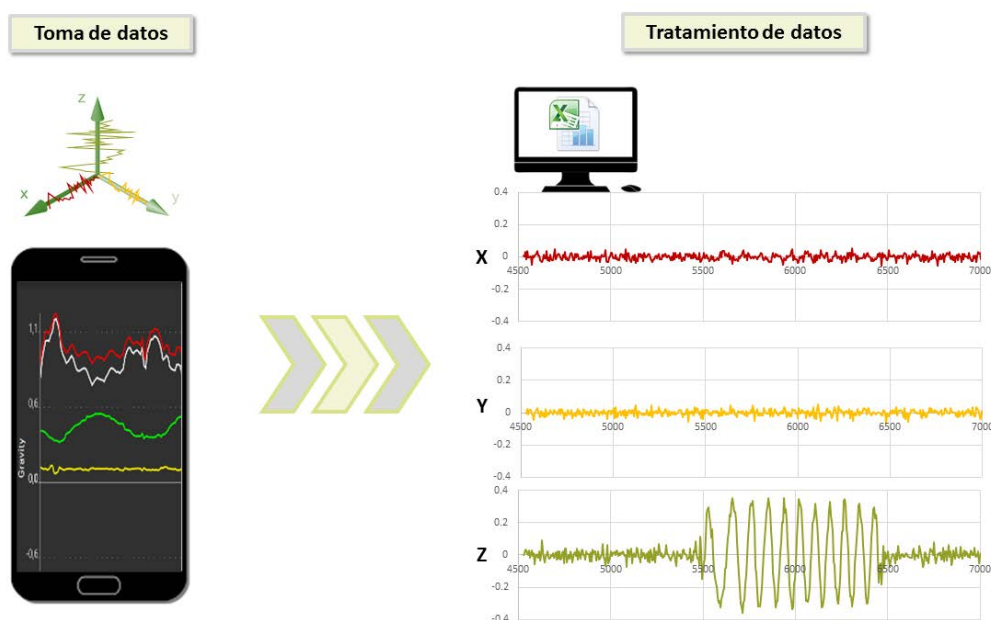
## 2.6.4. Análisis del movimiento ondulatorio en las tres dimensiones

### Objetivos didácticos

- Reforzar el concepto de propagación de ondas en las tres direcciones del espacio.
- Identificar los tres ejes de movimiento (longitudinal, transversal y vertical).

### Descripción y desarrollo

Al inicio del Bloque 4. Ondas de Física de 2º de Bachillerato se puede emplear esta experiencia para reforzar los conceptos relativos a los tipos de ondas y su propagación en el espacio.



**Figura 5. Diagrama explicativo de la experiencia didáctica n°4.**

En grupos de 2-4 alumnos/as, cada uno de ellos debe disponer de un dispositivo móvil con la aplicación instalada, es decir, del acelerógrafo. Con el aparato sobre la mesa, una primera parte consiste en permitirles experimentar libremente golpeando moderadamente la mesa y observando las medidas en x, y, z en pantalla. Una vez hayan identificado qué movimientos provocan cada medida, deberán registrar los datos correspondientes a: una vibración en el eje x, otra en el eje y, otra en el eje z (Figura 5). Estos datos se pueden exportar al pc y analizar en la hoja de cálculo.

### Temporalización



Esta experiencia se desarrolla en una única sesión. En el caso de trasladar los datos al ordenador y realizar en la hoja de cálculo el análisis de los valores registrados, puede ser necesaria una segunda sesión.

### Evaluación

Se evaluará la consecución de los objetivos didácticos definidos para esta experiencia mediante la rúbrica de la Tabla 6.

**Tabla 5. Rúbrica de evaluación de la experiencia nº4.**

Indicador	Grado de consecución		
	Completo (2)	Suficiente (1)	Insuficiente (0)
Puesta en práctica e interpretación	Realiza observaciones relevantes durante la experiencia y elabora un discurso coherente sobre lo observado.	-	No realiza las observaciones adecuadas al experimento. No relaciona lo observado con coherencia.
Trabajo en equipo	Siempre colabora con sus compañeros, respeta sus opiniones, participa y deja participar.	Habitualmente colabora con sus compañeros, respeta sus opiniones, participa y deja participar.	No colabora con sus compañeros, no respeta sus opiniones ni se muestra participativo/a.
Adquisición de conceptos	Identifica correctamente los tres ejes de movimiento (longitudinal, transversal y vertical) y la relación existente entre ellos.	-	No identifica correctamente los tres ejes de movimiento (longitudinal, transversal y vertical) y la relación existente entre ellos.

### **2.6.5. Intensidad de una onda y su atenuación con la distancia**

#### Objetivos didácticos

- Comprender la relación existente entre la intensidad de una onda en un punto dado y su distancia al foco.
- Deducir la ecuación que relaciona la intensidad de una onda con la distancia al foco.
- Realizar el ajuste de una función exponencial a los datos tomados en la hoja de cálculo.

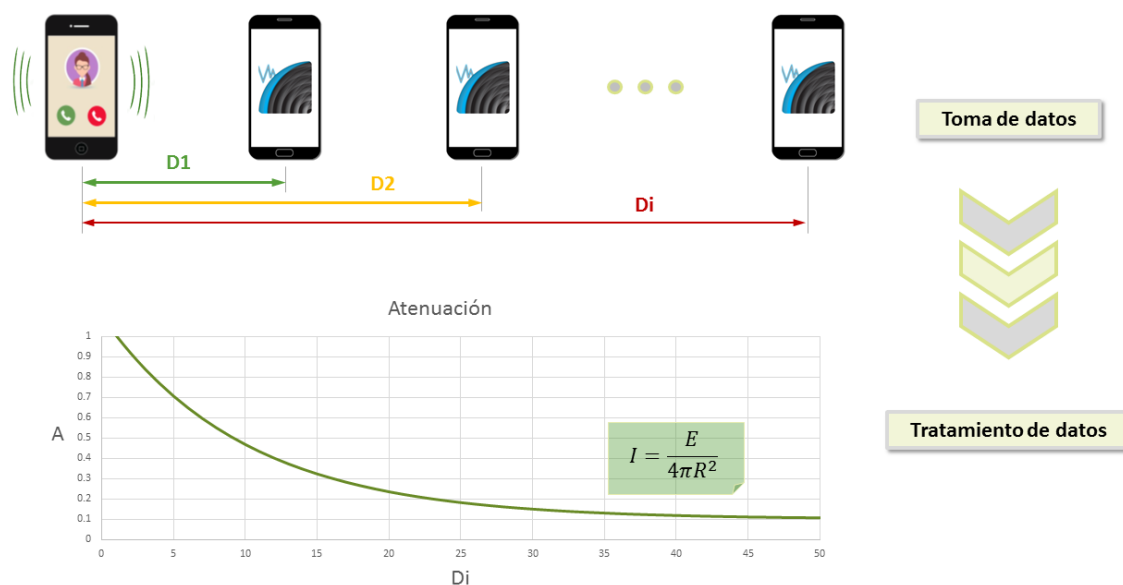
#### Descripción y desarrollo

Esta experiencia se enmarca nuevamente en el Bloque 4. Ondas de Física de 2º de Bachillerato. Siguiendo una metodología de aprendizaje por descubrimiento, se trata de que los alumnos/as constaten la relación existente entre la intensidad de una onda en un punto dado y su distancia al foco, y con el tratamiento de datos adecuado deduzcan la ecuación que relaciona ambos parámetros.

Para ello, tras una introducción por parte del docente sobre lo que se va a trabajar, los alumnos/as se distribuyen en grupos de 2-4, cada uno de ellos con un móvil cuya vibración



será el foco, y con un dispositivo acelerógrafo. Siguiendo el procedimiento de la Figura 6, cada grupo deberá registrar la vibración medida para distintas distancias, estando ambos dispositivos apoyados sobre la mesa. Una vez registrados, los datos se trasladarán al ordenador para, con la hoja de cálculo, identificar las aceleraciones máximas medidas a cada distancia. Construyen, así, una tabla de distancias y aceleraciones medidas (que representarán la intensidad de la onda).



**Figura 6. Diagrama explicativo de la experiencia didáctica nº5.**

El tratamiento de datos se completa con la representación gráfica de los pares de puntos distancia-intensidad (aceleración), y con el ajuste de una función racional a dichos puntos. Una vez obtenida la expresión del ajuste, se relaciona con la expresión  $I = E/4\pi R^2$  correspondiente a la intensidad de una onda esférica en un punto que está a una distancia R del foco en un instante determinado. Se constata, asimismo, la atenuación que sufre la onda con dicha distancia.

### Temporalización

Una sesión será, en principio, suficiente, aunque al tener una parte de ordenador habría que evitar los tiempos de espera por el arranque de los equipos, etc.

### Evaluación

Se evaluará la consecución de los objetivos didácticos definidos para esta experiencia mediante la rúbrica de la Tabla 7.

**Tabla 6. Rúbrica de evaluación de la experiencia nº5.**

Indicador	Grado de consecución		
	Completo (2)	Suficiente (1)	Insuficiente (0)
Toma de datos	Identifica la información de interés y organiza de manera adecuada los datos recogidos en una tabla.	-	No identifica la información de interés ni la recoge organizadamente.
Tratamiento de datos	Los valores máximos de aceleración para cada distancia se identifican correctamente. Se representan los valores de distancia-aceleración correctamente en la hoja de cálculo.	No se identifican los valores máximos de aceleración o/ni representan correctamente los valores de distancia-aceleración correctamente en la hoja de cálculo.	Los valores máximos de aceleración para cada distancia no se identifican correctamente. No se representan los valores de distancia-aceleración correctamente en la hoja de cálculo.
	Realiza el ajuste de los datos e interpreta los resultados correctamente, relacionándolos con la ecuación de la intensidad.	Realiza el ajuste de los datos correctamente pero comete errores al interpretar los resultados y relacionarlos con la ecuación de la intensidad.	No realiza el ajuste de los datos ni interpreta los resultados correctamente.
Trabajo en equipo	Siempre colabora con sus compañeros, respeta sus opiniones, participa y deja participar.	Habitualmente colabora con sus compañeros, respeta sus opiniones, participa y deja participar.	No colabora con sus compañeros, no respeta sus opiniones ni se muestra participativo/a.
Desempeño durante la experiencia	Trabaja de manera organizada y sigue las normas siempre.	Trabaja de manera organizada y sigue las normas habitualmente.	No trabaja de manera organizada y/o no sigue las normas.

### 2.6.6. Deducción de la ley de absorción de una onda

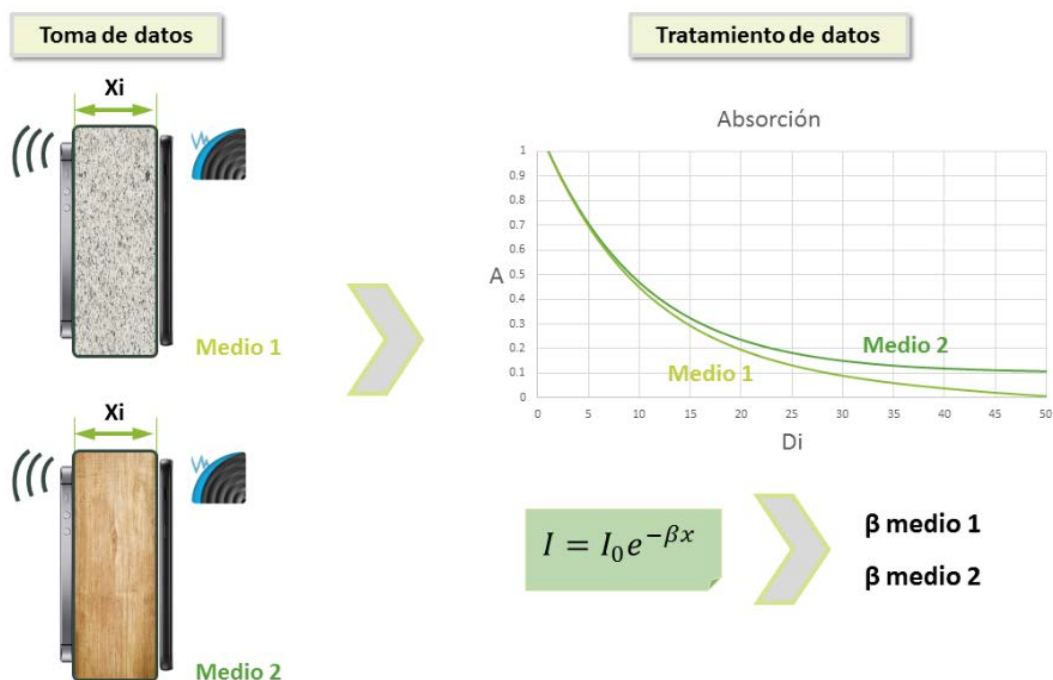
#### Objetivos didácticos

- Comprender la relación existente entre la intensidad de una onda en un punto dado y el espesor del material que atraviesa desde el foco.
- Identificar el efecto que tienen los distintos materiales en la propagación de la onda a través de ellos.
- Deducir la ecuación de la ley de absorción de una onda.
- Realizar el ajuste de una función exponencial a los datos tomados en la hoja de cálculo.
- Determinar el coeficiente de absorción de los medios empleados.

#### Descripción y desarrollo

Al igual que las experiencias nº4 y 5, esta se enmarca en el Bloque 4. Ondas de Física de 2º de Bachillerato. Del mismo modo que la anterior (experiencia 5), se aplica una metodología de aprendizaje por descubrimiento, con la que los alumnos/as constatarán la relación existente entre la intensidad de una onda en un punto dado y el espesor del material que atraviesan las ondas desde el foco. Nuevamente, con el tratamiento de datos adecuado, se trata de que deduzcan la ecuación que relaciona ambos parámetros.

Para ello, tras una introducción por parte del docente sobre lo que se va a trabajar, los alumnos/as se distribuyen en grupos de 2-3, cada uno de ellos con un móvil cuya vibración será el foco, y con un dispositivo acelerógrafo. Con el objetivo de trabajar el concepto de absorción de las ondas al atravesar un medio, los grupos testarán al menos dos materiales distintos (por ejemplo, conglomerado de madera y poliespan), y varios espesores de cada uno. Siguiendo el procedimiento de la Figura 7, cada grupo deberá registrar la vibración medida para cada material en los distintos espesores disponibles, colocando el móvil generador de vibraciones en un lado (con la pantalla hacia afuera) y el acelerógrafo en el opuesto (también con la pantalla hacia afuera).



**Figura 7. Diagrama explicativo de la experiencia didáctica n°6.**

Una vez registrados, los datos se trasladarán al ordenador para, con la hoja de cálculo, identificar las aceleraciones máximas medidas para cada material y espesor. Construyen, así, una tabla de espesores y aceleraciones medidas (que representarán la intensidad de la onda).

El tratamiento de datos se completa con la representación gráfica de los pares de puntos espesor-intensidad (aceleración) para cada material, y con el ajuste de una función exponencial a dichos puntos. Una vez obtenida la expresión del ajuste, se relaciona con la ley de la absorción  $I = I_0 e^{-\beta x}$  correspondiente a la intensidad de una onda tras atravesar un medio de espesor  $x$ . Con dicho ajuste, los alumnos/as podrán deducir el coeficiente de absorción  $\beta$  de cada uno de los medios ensayados.

### Temporalización

En este caso se prevé la necesidad de dos sesiones, ya que esta experiencia implica un cierto tiempo de preparación de las escenas con los distintos medios, adhiriendo convenientemente los dispositivos electrónicos a las placas antes de realizar las medidas. El tratamiento de datos en la hoja de cálculo y su interpretación para obtener la expresión de la ley de absorción y el coeficiente del medio llevarán también su tiempo.

### Evaluación

Se evaluará la consecución de los objetivos didácticos definidos para esta experiencia mediante la rúbrica de la Tabla 8.

**Tabla 7. Rúbrica de evaluación de la experiencia nº6.**

Indicador	Grado de consecución		
	Completo (2)	Suficiente (1)	Insuficiente (0)
Toma de datos	Identifica la información de interés y organiza de manera adecuada los datos recogidos en una tabla.	-	No identifica la información de interés ni la recoge organizadamente.
Tratamiento de datos	Los valores máximos de aceleración para cada distancia se identifican correctamente. Se representan los valores de espesor-aceleración correctamente en la hoja de cálculo.	No se identifican los valores máximos de aceleración o/ni representan correctamente los valores de espesor-aceleración correctamente en la hoja de cálculo.	Los valores máximos de aceleración para cada distancia no se identifican correctamente. No se representan los valores de espesor-aceleración correctamente en la hoja de cálculo.
	Realiza el ajuste de los datos e interpreta los resultados correctamente, relacionándolos con la ley de absorción. Obtiene el coeficiente de absorción de todos los medios testados correctamente.	Realiza el ajuste de los datos correctamente pero comete errores al interpretar los resultados y relacionarlos con la ley de absorción. No obtiene el coeficiente de absorción de todos los medios testados correctamente.	No realiza el ajuste de los datos ni interpreta los resultados correctamente. No obtiene el coeficiente de absorción de los medios testados correctamente.
Trabajo en equipo	Siempre colabora con sus compañeros, respeta sus opiniones, participa y deja participar.	Habitualmente colabora con sus compañeros, respeta sus opiniones, participa y deja participar.	No colabora con sus compañeros, no respeta sus opiniones ni se muestra participativo/a.
Desempeño durante la experiencia	Trabaja de manera organizada y sigue las normas siempre.	Trabaja de manera organizada y sigue las normas habitualmente.	No trabaja de manera organizada y/o no sigue las normas.

### **3. CONCLUSIONES**

Esta propuesta de innovación educativa aporta diversos recursos para la docencia de las materias STEM de Matemáticas, Física y Biología y Geología. Estos recursos didácticos se basan en el empleo de dispositivos electrónicos como teléfonos móviles y/o tablets, aprovechando sus sensores y una aplicación gratuita para medir vibraciones (manifestaciones físicas del movimiento ondulatorio), de modo que los recursos materiales necesarios son asequibles para cualquier centro educativo de Secundaria de un país desarrollado.

Además de lo accesible de los materiales necesarios, la ventaja de las experiencias aquí planteadas es que permiten no sólo presentar o reforzar conceptos, sino también acercar a los alumnos/as a la investigación científica y descubrir por sí mismos conceptos, ecuaciones y relaciones mediante la experimentación. Se trata de una alternativa motivadora, práctica, y que conecta lo trabajado dentro del aula con elementos cotidianos para el alumnado como su teléfono móvil.

Por otra parte, las experiencias diseñadas y los contenidos trabajados con ellas constituyen una propuesta que se puede modificar, simplificando o aumentando su complejidad, en busca de la consecución de unos u otros objetivos. Se trata, pues, de prácticas versátiles que pueden adaptarse según la experiencia, objetivos o ideas de otros docentes.

#### 4. REFERENCIAS

- ANTHOINE, A., MARAZZI, F. y TIRELLI, D., 2010. Introducing students to structural dynamics and earthquake engineering. *Physics Education*, vol. 45, no. 1, pp. 76-82. DOI 10.1088/0031-9120/45/1/009.
- CANTILLO VALERO, C., ROURA REDONDO, M. y SÁNCHEZ PALACÍN, A., 2012. Tendencias actuales en el uso de dispositivos móviles en educación. *La Educ@ción Digital Magazine*, vol. 147, pp. 1-21.
- CARRASCO BARGUEÑO, R., 2010. Monográfico: Actividades para la enseñanza-aprendizaje de los fenómenos asociados a la Tectónica de Placas y el desarrollo de competencias. *Observatorio Tecnológico* [en línea]. [Consulta: 14 junio 2017]. Disponible en: <http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/es/software/software-educativo/925-actividades>.
- CHI, M.T.H., 2009. Active-Constructive-Interactive: A Conceptual Framework for Differentiating Learning Activities. *Topics in Cognitive Science*, vol. 1, pp. 79-105. DOI 10.1111/j.1756-8765.2008.01005.x.
- COSTA, M. y VÁZQUEZ DORRÍO, B., 2010. Actividades Manipulativas Como Herramienta Didáctica En La Educación Científico-Tecnológica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 7, no. 2, pp. 462-472. ISSN 1697011X.
- DI LACCIO, J.L., VITALE, G., ALONSO-SUÁREZ, R., PÉREZ, N. y GIL, S., 2017. Estudio del efecto Doppler utilizando teléfonos inteligentes Estudio del efecto Doppler utilizando teléfonos inteligentes. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 14, no. 3, pp. 637-646.

- DÍAZ, J. y RUIZ, M., 2016. Un sismómetro en el aula: el taller «Buscando Terremotos». *Geo-Temas*, vol. 16, no. 1, pp. 721-723.
- DORRÍO, B. V y RUA VIEITES, A., 2007. Actividades manipulativas para el aprendizaje de la física. *Revista Iberoamericana de Educación*, vol. 42, no. 7, pp. 1-15.
- FERREIRA, J.B., KLEIN, A.Z., FREITAS, A. y SCHLEMMER, E., 2013. *Mobile learning: Definition, uses and challenges*. S.l.: s.n. ISBN 9781781905098.
- FIGLIOLA, L. y MAYER, R.E., 2016. Eight Ways to Promote Generative Learning. *Educational Psychology Review* [en línea], vol. 28, no. 4, pp. 717-741. ISSN 1573-336X. DOI 10.1007/s10648-015-9348-9. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s10648-015-9348-9>.
- Hands-On-Science network. [en línea], [sin fecha]. Disponible en: [www.hsci.info/](http://www.hsci.info/).
- INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍAS EDUCATIVAS Y DE FORMACIÓN DEL PROFESORADO, [sin fecha]. Proyecto Newton. .
- LUCAS, A.M., 1983. Scientific literacy and informal learning studies. *Studies in Science Education*, vol. 10, pp. 1-36.
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN CULTURA Y DEPORTE DE ESPAÑA, [sin fecha]. Ciencias de la Naturaleza, Biología y Geología para la E.S.O. 2011 [en línea]. Disponible en: [http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/index\\_biogeo.htm](http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/index_biogeo.htm).
- SANTOS, I.M. y ALI, M., 2012. Exploring the uses of mobile phones to support informal learning. *Education and Information Technologies*, vol. 17, no. 2, pp. 187-203.
- THE EUROPEAN PLATFORM FOR SCIENCE TEACHERS, 2014. *iStage 2: Smartphones in Science Teaching*. . S.l.:
- VERA TAPIAS, A., 2012. Explorando las ondas: Una propuesta didáctica para la enseñanza-aprendizaje de algunos conceptos básicos del movimiento ondulatorio.