

# Propuesta del uso de TAC en forma de laboratorios virtuales para el aprendizaje significativo de conceptos de Física

Pablo Guerra Martín<sup>\*a</sup>, Ángeles Marrero-Díaz<sup>a</sup>, Francisco Machín<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Departamento de Física, Grupo de Investigación OFYGA, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo es presentar el diseño de propuestas metodológicas que favorezcan el aprendizaje significativo de conceptos físicos. La propuesta utiliza las Tecnologías del Aprendizaje y el Conocimiento (TAC) combinadas con materiales elegidos por ser potencialmente aptos para el aprendizaje significativo de los conceptos a trabajar. Con ello, se pretende lograr tanto una predisposición del alumno a formarse en entornos más atractivos, aumentando su interés por el contenido tratado, como la adquisición de estrategias de aprendizaje basadas en el razonamiento. Las TAC básicas utilizadas son los laboratorios virtuales, de acceso libre, que se aplican en la propuesta con distintos fines. Una primera aplicación es su utilización en actividades guiadas utilizando metodología *Flipped Classroom*, para un acercamiento previo de los alumnos a los conceptos o a los procedimientos. Un segundo tipo de actividades tienen que ver con la utilización de simulaciones procedentes de laboratorios virtuales para presentar ejemplos más realistas durante las explicaciones teóricas, buscando una mayor implicación del alumno en el seguimiento de las mismas. Finalmente, se exponen algunas actividades orientadas a completar la oferta de prácticas de laboratorio de Física con prácticas en laboratorios virtuales, mejorando el grado de experimentación de la asignatura. Todas estas actividades tienen por objetivo acercar al alumno conceptos que suelen resultarle muy abstractos, con el fin de mejorar su aprendizaje. Al final del trabajo se incluyen tipos de indicadores de evaluación del aprendizaje que serán tenidos en cuenta para validar la propuesta. Si bien este trabajo está diseñado para segundo ciclo de Secundaria y Bachillerato, es fácilmente extrapolable al primer curso universitario.

**Palabras claves:** Aprendizaje Significativo, TAC, *Flipped Classroom*, Laboratorio Virtual

## 1. INTRODUCCION

Según el Real Decreto 1105/2014, que regula el currículo básico de la ESO y Bachillerato, y el Decreto 315/2015 del Gobierno de Canarias, que ordena la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Canarias, Física y Química de 4º de ESO es una asignatura troncal pensada para los alumnos que quieran cursar un Bachillerato de Ciencias. Está diseñada como una introducción al temario de la asignatura de Física y Química de 1º de Bachillerato, con una ampliación de los contenidos que los alumnos debían poseer de cursos pasados. Los conocimientos matemáticos que se esperan en este nivel formativo permiten trabajar conceptos físicos en problemas de cierta complejidad, acercándolos más a problemas reales, pudiendo tratarse estos contenidos tanto de forma teórica como práctica, incluyendo dentro de estos últimos, trabajos experimentales. En Física y Química de 1º de Bachillerato se profundiza en parte de los contenidos de la materia de Física del primer curso universitario y en Física de 2º de Bachillerato se aborda el resto de los contenidos básicos previos de dicha materia universitaria. Por todo ello, cualquier fallo en esta cadena de la construcción del conocimiento afectaría al nivel de comprensión y a las habilidades prácticas y experimentales que deben haber adquirido los alumnos al llegar a la universidad.

La realización de prácticas docentes en la asignatura de Física y Química de 4º de ESO, mientras se cursaba el Máster de Formación del Profesorado de Enseñanza Secundaria, permitió tener un acercamiento a cómo se imparten estos contenidos en etapas preuniversitarias. Durante las prácticas, la docencia de los criterios asociados a los contenidos físicos empezó en el tercer trimestre, de manera que se le dedicó menos tiempo del establecido. Por otro lado, durante el curso no se dispuso en ningún momento de laboratorio en el que hacer prácticas de Física, de manera que todas las prácticas realizadas fueron de criterios correspondientes a Química. El Trabajo Final de Máster realizado por Guerra-Martín<sup>[1]</sup> pretende resolver estas carencias, programando distintas situaciones de aprendizaje, para los criterios relacionados con Física de 4º de ESO, en las que se hace uso de laboratorios virtuales. Las actividades diseñadas durante el mencionado TFM son la base de este trabajo.

No sabemos si lo detectado en el centro de prácticas fue algo particular de dicho centro o una situación generalizada en la docencia de la materia de Física y Química de Secundaria y Bachillerato. No obstante, lo que sí se ha constatado es que en las áreas científico-tecnológicas de la ULPGC hay un importante porcentaje de alumnos en el primer curso universitario sin los conceptos físicos previos bien asimilados, reflejándose en tasas de éxito del orden del 30% en la materia de Física (datos internos del Departamento de Física de la ULPGC). En la encuesta de satisfacción docente de los estudiantes a los profesores de primer curso del Departamento de Física, los propios alumnos dan una nota media de 3.33 (en una escala entre 1, totalmente en desacuerdo, y 5, totalmente de acuerdo) a la pregunta 25 (La formación recibida con anterioridad ayuda a alcanzar los objetivos de la asignatura), siendo el *item* peor valorado de toda la encuesta. Además, en la pregunta filtro de dicha encuesta “¿Dispone el alumno de los conocimientos previos para cursar la asignatura?”, los alumnos de asignaturas del Departamento de Física responden mayoritariamente (66,6%) que algo o nada. Se podría pensar que se puede deber a que sean alumnos que no hubieran elegido la Física de 2º de Bachillerato, pero cualquier alumno de la modalidad de Ciencias debería haber adquirido al menos, las competencias de la Física y Química de primero de Bachillerato, y no es lo que se observa en Física.

Con esta situación de partida, nos planteamos el objetivo principal de diseñar actividades que mejoren el aprendizaje del alumno basado en el razonamiento, motivándolo para ello con los laboratorios virtuales. En el punto 2 planteamos objetivos más específicos, en el apartado 3 indicamos las condiciones necesarias para el aprendizaje significativo, en el punto 4 mostramos las TAC utilizadas en la propuesta, en el apartado 5 exponemos las actividades planificadas, en el punto 6 indicamos el tipo de los indicadores necesarios para validar la propuesta y en el punto 7 planteamos las conclusiones del trabajo.

## 2. OBJETIVOS

Los objetivos específicos de este trabajo son:

- Dar herramientas al profesorado de la materia, para impartir la parte del temario enfocada a la Física desde una perspectiva más cercana a las experiencias y la intuición del alumno, huyendo de estrategias memorísticas, y en ese sentido innovadora, tratando de facilitar la acción del docente dentro del aula y fuera de esta.
- Incrementar el compromiso del alumno corresponsabilizándolo de su aprendizaje y de su participación de forma activa mediante la resolución de problemas, así como favorecer su integración en equipos de trabajo, buscando logros comunes.
- Mejorar el ambiente en el aula convirtiéndolo en un espacio donde compartir ideas, se planteen interrogantes y se resuelvan dudas, fortaleciendo de esta forma el trabajo colaborativo y promoviendo una mayor interacción a todos los niveles: alumno-alumno y alumno-profesor.

## 3. CONDICIONES PARA EL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO

El término de aprendizaje significativo se define como el mecanismo que utiliza el ser humano para adquirir y almacenar ideas <sup>[2]</sup>. Para existir un aprendizaje significativo deben cumplirse dos condiciones principales:

- El material de aprendizaje debe ser potencialmente significativo; es decir, el material debe ser relacionable con la estructura cognitiva, recalando que el material solo puede ser potencialmente significativo, ya que el significado está en las personas, no en los materiales; y el aprendiz debe tener el conocimiento previo necesario para hacer esa relación de forma no arbitraria y no literal<sup>[3]</sup>.
- Debe existir una predisposición por parte del alumnado a aprender, esto es, que el estudiante quiera relacionar los nuevos conocimientos con los conocimientos previos adquiridos. No obstante, por mucha predisposición que tenga el estudiante, debe poseer conocimientos previos adecuados ya que si no fuese así ese material no sería potencialmente significativo para él.

Como alternativa a la falta de prácticas de laboratorio, la generación de guiones basados en el uso de laboratorios virtuales es un ejemplo de materiales potencialmente significativos, diseñados por el profesor, que permite al alumno familiarizarse con el método científico. Otro ejemplo de material potencialmente significativo es el que puede acompañar a las instrucciones del profesor en actividades propias de *Flipped classroom*, donde el material puede adaptarse a la necesidad de cada alumno. Un tercer tipo de material son las simulaciones específicas que genera el profesor, utilizando laboratorios virtuales para hacer más comprensibles las explicaciones en una clase expositiva. Teniendo en cuenta las condiciones previamente establecidas para el aprendizaje significativo, los materiales que

acompañan a las distintas aplicaciones deben partir de la activación de conocimientos previos del alumno y deben suministrar al alumno estrategias que le permitan construir el conocimiento a través del razonamiento, evitando el uso memorístico de las fórmulas.

#### 4. LAS TECNOLOGÍAS DEL APRENDIZAJE Y DEL CONOCIMIENTO (TAC)

La implementación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en la docencia favorece el desarrollo de un material potencialmente significativo y más asequible para el alumnado. El informe de la Comisión Europea de 2006<sup>[4]</sup> pone de manifiesto que el 80% de los profesores consideran provechoso el uso de las TIC por los alumnos, especialmente a la hora de practicar y hacer ejercicios.

Las TAC (Tecnologías del Aprendizaje y del Conocimiento) inciden en la metodología y el fin para el que se usa de la tecnología, y no únicamente en asegurar el dominio de una serie de herramientas informáticas. Es decir, las TAC usan estas herramientas tecnológicas como medio para mejorar el aprendizaje y la adquisición de conocimiento <sup>[5],[6]</sup>.

Las TAC, en tanto que permiten la interactividad del estudiante, pueden suponer una contribución importante al aprendizaje significativo de los estudiantes en el campo de las Ciencias Experimentales y, más concretamente, en el campo de la Física. Además de las TAC tradicionalmente utilizadas, ya mencionadas, en nuestra propuesta van a ser importante dos tipos de aplicaciones: los vídeos utilizados para realizar metodologías de Aula Invertida, y las ejemplificaciones haciendo uso de los laboratorios virtuales.

##### 4.1 TAC en Aula Invertida o *Flipped Classroom*

Una metodología que se ve favorecida con la introducción de las TAC es la del Aula Invertida o *Flipped Classroom*<sup>[7]</sup>. Consiste en comenzar el trabajo de aprendizaje fuera del aula (con material proporcionado por el profesor: vídeos educativos, *podcast*, textos, etc.), de manera que el tiempo de clase se utilice para consolidar los conocimientos trabajados previamente, de forma autónoma por el alumno y para facilitar y potenciar otros procesos de adquisición y práctica de conocimientos dentro del aula.

El alumno debe acostumbrarse a esta metodología, y para ello debe trabajar el material previo de una forma crítica, que le permita acercarse al tema y plantear las dudas que le vayan surgiendo, para que el proceso de enseñanza-aprendizaje funcione. Ya en clase, el docente debe encargarse de hacer exponer al alumno sus ideas, dudas, opiniones, etc., sobre el material previo suministrado. Estas actividades pueden realizarse individualmente o en grupo, practicando en esta última forma el trabajo en equipo.

Estudios como el de Jordan Lluch *et al.*<sup>[8]</sup> muestran qué metodologías basadas en *Flipped Classroom* resultan para los alumnos más atractivas que la metodología tradicional, aunque esta apreciación requiere la implicación del profesorado en la motivación del alumno a la participación. Eloísa Díaz-Garrido *et al.*<sup>[9]</sup> realizan un estudio sobre el efecto que tiene el uso de la metodología de *Flipped Classroom*, a partir de los resultados obtenidos por dos grupos de alumnos, uno con metodología *Flipped* y otro con metodología tradicional, en pruebas *Kahoot*. Los resultados obtenidos fueron mejores en el primer grupo de alumnos que mostraban, además, una mayor motivación.

##### 4.2 Laboratorios Virtuales

Los laboratorios virtuales están incluidos en los denominados Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA) o *Virtual Learning Environment* (VLE). Un entorno virtual de aprendizaje suele estructurarse en etapas sucesivas de estudio y evaluación apelando a recursos diversos como aplicaciones informáticas, lecciones y actividades para fomentar el intercambio y la interacción<sup>[10]</sup>. Un laboratorio virtual es una simulación de la realidad, en este caso un experimento de laboratorio, que utiliza las leyes planteadas por la ciencia. Éstas son codificadas por el procesador de un ordenador para que, mediante algunas órdenes, brinde respuestas, las cuales se asemejan a lo que en la vida real se podría obtener<sup>[11]</sup>. Las simulaciones y la realidad virtual son las herramientas que se utilizan en estos laboratorios para reproducir los fenómenos reales en los que se basa la actividad<sup>[12]</sup>.

En nuestra propuesta queremos combinar el uso de laboratorios virtuales con la metodología de aula invertida, diseñándolas ambas para ser potencialmente significativas, y que puedan favorecer a la predisposición del alumno a aprender estos conceptos, dejando al alumno la libertad de trabajar en el momento del día y en el entorno que considere más adecuado, para finalmente conseguir un aprendizaje significativo de los contenidos trabajados.

## 5. ACTIVIDADES PROPUESTAS

Las actividades presentadas utilizan los laboratorios virtuales para el aprendizaje significativo de conceptos físicos de distintas partes del temario, combinadas además con distintos tipos de metodologías. Pretenden ser solo ejemplos de utilización ya que la cantidad de simulaciones disponibles abarcan contenidos físicos de cualquier nivel educativo. En cada actividad se indica su planificación, la simulación que se utiliza, los contenidos a trabajar, el tipo de metodología a utilizar, el material suministrado al alumno, el tipo de evaluación (individual o grupal) y el instrumento de evaluación. En el apartado 6 se presentarán, además, los indicadores de evaluación del aprendizaje que se proponen.

### 5.1 Ejemplo de aplicación en *Flipped Classroom*

**Actividad 1: Aprendo sobre el movimiento** (combinando trabajo individual del alumno con trabajo en parejas en el aula)

Trabajo previo a la sesión (trabajo individual): El alumno dispondrá de un documento donde se le guiará en la actividad. Dicho documento contendrá un enlace en el que podrá acceder a un video ejemplo del uso de la simulación, al enlace de la simulación en sí, y una serie de cuestiones de activación de conocimientos previos y de búsqueda de relaciones entre variables que finalmente se verán reflejadas en las fórmulas que se utilizarán en clase para la resolución de problemas. Se utiliza una simulación desarrollada por Walter Fendt<sup>[13]</sup>, que proporciona la capacidad de estudiar los movimientos rectilíneos tanto uniformes como los uniformemente acelerados de un coche, de manera que se utiliza un ejemplo familiar para el alumno. La presencia en la simulación de las gráficas de posición, velocidad y aceleración frente al tiempo permite que el alumno diferencie los tipos de movimiento de forma gráfica. Además, ayuda a ver cómo se interrelacionan entre sí las variables cinemáticas, así como los efectos de los cambios en las distintas magnitudes sobre el movimiento del coche. Todo ello favorecería el interés de los alumnos para practicar con la simulación, descubriendo la dependencia entre variables y cómo se expresa en relaciones matemáticas, de manera que dejen de ser fórmulas memorísticas.

Primera sesión de aula (trabajo individual y grupal): Al comienzo de esta sesión se pasa un test de control sobre los contenidos de la *flipped classroom* donde se quiere medir el grado de activación de los conocimientos previos y el grado de asimilación del significado de las fórmulas que serán utilizadas durante la realización de problemas. Este control pretende hacer valorar las estrategias de autoaprendizaje de cada alumno y, si es el caso, que se haga consciente de la carencia de conocimientos previos que debe ser resuelta con material de refuerzo. La sesión sigue con la aclaración de las dudas que puedan haber surgido durante la actividad no presencial y con la derivación de las fórmulas cinemáticas; en este sentido, la contribución de los alumnos es esencial para analizar las relaciones entre magnitudes físicas asociadas al movimiento y el tiempo en distintos tipos de movimientos. En la última parte de la sesión se organiza la clase en parejas de trabajo, procurando que sean compensadas en función de los resultados del test inicial, y se comienza a trabajar una hoja de cuestiones y problemas que se terminará en la siguiente sesión. No obstante, cada pareja puede avanzar la resolución de la misma fuera del aula, dejando a cada grupo tomar la responsabilidad en el ritmo de su propio aprendizaje y buscando la complicidad y apoyo entre compañeros.

Segunda sesión de aula (trabajo individual y grupal): Durante la primera mitad de esta sesión las parejas continuarán con la resolución de la tarea y la entregarán al profesor para ser evaluada como actividad grupal. Es posible que no todos los grupos hayan terminado la actividad y esto se tendrá en cuenta en la calificación de cada grupo. Estas parejas tendrán que entregar fuera de plazo la parte de la actividad pendiente. Durante la segunda parte de la sesión se realiza una prueba individual sobre los contenidos trabajados, en los que se combinan tanto cuestiones procedimentales y de utilización adecuada de las expresiones como de interpretación de resultados, fomentando el espíritu crítico del alumno e intentando evitar el abuso de recursos memorísticos.

**Actividad 2: Aprendo por qué cambia la velocidad** (combinando trabajo individual previo con trabajo cooperativo tipo *puzzle*)

Trabajo previo (individual): El alumno dispondrá de un material de trabajo previo con características similares al descrito en la actividad 1. En este caso se trabaja en la comprensión de las dos primeras leyes de Newton. La simulación utilizada, de Noah Podolefsky *et al.*<sup>[14]</sup>, permite explicar en diferentes etapas varios conceptos de dinámica, usando el ejemplo de personas tirando de un vagón para moverlo. En la primera etapa se trabaja con la Segunda Ley de Newton (Figura 1), mostrando la vectorización de las fuerzas y la resultante de la suma de las fuerzas al tirar del vagón, así como el efecto de la misma sobre la aceleración del cuerpo. El objetivo de la segunda etapa es visualizar la Primera Ley de Newton, permitiendo al alumno comprobar cuál es el efecto sobre el cuerpo de una resultante nula. Ya en la tercera etapa

se empieza a incluir un mayor número de fuerzas, incluyendo la fuerza de rozamiento. Se verá su dirección, de qué depende y cómo afecta a la velocidad. Esta simulación es el punto de partida para el trabajo que se realizará en el aula con Grupos de Expertos. La utilidad de estas animaciones es que permiten al alumnado asociar los forzamientos físicos de forma esquemática con objetos de su vida diaria, pudiendo trabajar con ello y pudiendo entender mejor el tipo de fuerza implicada.

**Primera sesión de aula (trabajo colaborativo, metodología puzle):** En los primeros 20 minutos el profesor preguntará a los alumnos cuestiones relativas a la actividad individual previa, resolverá las dudas que hayan surgido durante la misma y resumirá las ideas clave relacionadas con los conceptos trabajados para intentar fijarlos. A continuación, se formarán grupos de 5 alumnos para realizar trabajo colaborativo y se distribuirá un texto diferente a cada miembro del grupo. Cada uno de estos miembros serán expertos en la descripción de un determinado tipo de fuerzas. Estos expertos se agruparán, y tendrán 20 minutos para leer el material y plantear las principales características de la fuerza que corresponda, buscar un ejemplo de aplicación de la misma y comprobar que tienen el concepto lo suficientemente claro como para explicarlo a sus compañeros de grupo colaborativo. Una vez acabado este tiempo volverán a sus grupos originales, momento en que tendrán dos minutos cada miembro del grupo para contar al resto qué tipo de fuerza es la que ha estudiado y sus principales características. Para la siguiente sesión buscarán algún ejemplo cotidiano en el que puedan aplicar todas las fuerzas comentadas, o al menos 4 de ellas.

**Segunda sesión de aula (trabajo colaborativo):** En la primera mitad de la sesión cada grupo preparará una pequeña presentación en la que mostrará un ejemplo de la vida diaria en el que se apliquen las fuerzas trabajadas. Además, deben plantear la Segunda Ley de Newton al objeto, indicando la expresión con la que se obtendría la aceleración en función de los parámetros conocidos de cada fuerza y la masa del objeto. En la segunda sesión cada grupo dispondrá de 5 minutos para exponer su presentación al resto de compañeros, teniendo que explicar las características de cada fuerza alguien que no fue el experto del grupo en la misma. La evaluación de esta actividad será grupal, a partir del trabajo final expuesto por cada grupo. En este caso habrá también coevaluación tanto dentro del grupo como del resto de grupos

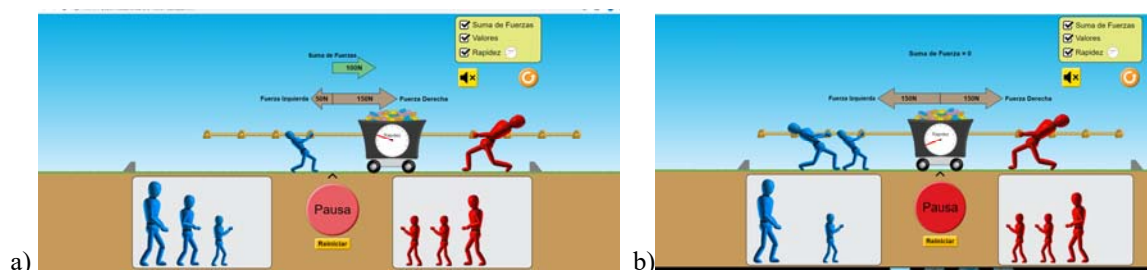


Figura 1: Laboratorio Virtual de Dinámica de Noah Podolefsky *et al.*<sup>[14]</sup>. Ejemplo de la Segunda Ley de Newton: a) en un movimiento acelerado debido a que la fuerza neta es distinta de cero; b) en reposo debido a una situación de equilibrio asociada a una fuerza neta nula. Disponible en <https://phet.colorado.edu/es/simulation/forces-and-motion-basics>

## 5.2 Ejemplo de aplicación para realizar experimentos

Con este tipo de actividades se pretende hacer prácticas experimentales que de otra forma no se podrían realizar en el centro. El material se puede diseñar con la misma estructura de un guion de prácticas de laboratorio, con objetivos, material, toma de datos, análisis de resultados y conclusiones.

**Actividad 3: Aprendo por qué peso menos sumergido** (trabajo grupal en parejas, utilizando simulaciones e investigación grupal)

**Desarrollo en el aula (trabajo grupal):** Durante la sesión se realizará una práctica en la que se analizarán los cambios en la flotabilidad de objetos, de diferentes densidad y tamaño, que se sumergen en un fluido. El principal objetivo de esta parte es que el alumno descubra la presencia de la fuerza de empuje, descrita por Arquímedes, cuando un cuerpo está sumergido en un fluido y de qué factores depende. Para ello se permite jugar con los volúmenes de los cubos y con sus masas, pudiendo variar su densidad. Cabe destacar que es fundamental para el alumno conseguir entender la diferencia que existe entre masa y densidad. Las ventajas que presenta este laboratorio virtual de Wendy Adams *et al.*<sup>[15]</sup> es la posibilidad de dar a los alumnos todas las variables que afectan al empuje, como son la densidad del fluido, y la densidad, el volumen y la masa del bloque. Se dan instrucciones al alumno para que complete el informe de prácticas donde se cuantifican las variables de las que depende el empuje hasta poder verificar el principio de Arquímedes y

discutir cómo sería la dinámica de un cuerpo en un fluido en función de la diferencia de densidades entre el cuerpo y el fluido. Esta actividad se realiza en parejas y se califica a partir del informe de prácticas entregado por dicho grupo, en el que también se incluyen preguntas conceptuales acerca de la flotabilidad.

### 5.3 Ejemplo de aplicación para mejorar la comprensión de conceptos durante una clase expositiva

**Actividad 4: Aprendo a convertir una energía en otra** (en la explicación expositiva del profesor)

Durante la explicación de los conceptos de energía cinética, energía potencial y energía mecánica y el Teorema de Conservación de la Energía Mecánica se utiliza la simulación realizada por Ariel Paul *et al.*<sup>[16]</sup>, que en su primera etapa tiene como objetivo principal mostrar la conversión de energía potencial gravitatoria en energía cinética y viceversa, en situaciones en las que no hay rozamiento. En la segunda etapa se introduce el concepto de energía térmica, relacionándola con la energía disipada en la misma simulación cuando se incluye la presencia de rozamiento, donde hay una pérdida de energía mecánica que se convierte en energía térmica. De esta forma se acerca al alumno el concepto de calor como energía distinguiéndola del uso coloquial de la palabra, a la vez que se van introduciendo conceptos propios de la termodinámica. Esta actividad no es directamente evaluable, pero los contenidos de la misma serán evaluados en exámenes individuales de control del tema, en los que se incluirán cuestiones de comprensión.

### 5.4 Ejemplo de aplicación como instrumento en una investigación guiada

**Actividad 5: Aprendo sobre generación de distintos tipos de energía** (como elemento en una investigación guiada)

Esta actividad consiste en una investigación guiada, en la que se pretende que los alumnos trabajen en grupo para investigar sobre distintos tipos de generación de energía. Se dará una documentación previa, dispondrán de la simulación diseñada por Chris Klusendorf *et al.*<sup>[17]</sup>, además de distintos enlaces en los que ampliar información sobre energía térmica, evolución de los motores industriales, eficiencia de motores de combustión y motores eléctricos y sobre los motores de reacción. La simulación permitirá a los alumnos, por un lado, trabajar conceptos relacionados con la calorimetría, tales como el calor específico de los diferentes materiales y qué efectos tienen sobre el cambio de temperatura de un objeto cuando se le suministra energía en forma de calor (Figura 2a). Por otro lado, también permite modificar las fuentes de la energía teniendo la posibilidad de variar entre mecánica, térmica y lumínica, transformándola de un tipo a otro (Figura 2b). Esta simulación permite ver, de forma simple, los problemas que acarrea la generación de energía y familiarizarse con la pérdida de energía por calor en las distintas etapas de generación de energía, que tendrá efecto en la eficiencia del motor. También permite al alumno entender cómo funcionan aparatos simples de generación/transformación de energía tales como la dinamo, utilizando para ello una bicicleta como ejemplo. Esta actividad se evaluará de forma grupal, a partir del trabajo entregado por cada grupo siguiendo las pautas establecidas y explicadas al comienzo de la actividad, en la que se incluyen cuestiones conceptuales.

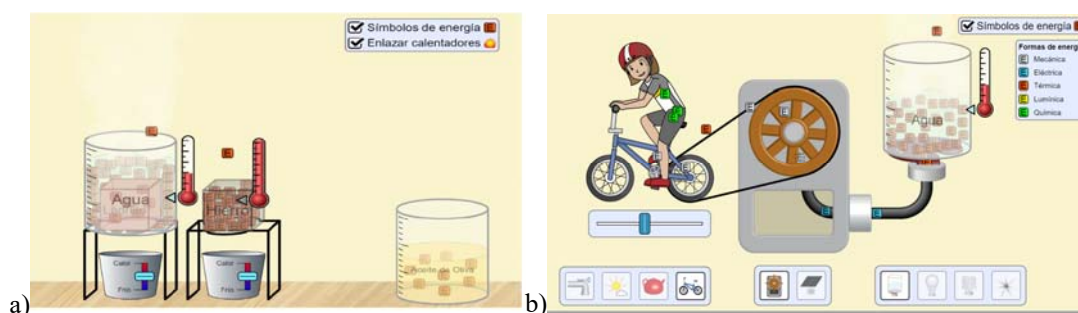


Figura 2. Ejemplo de las formas y transformaciones de la energía de Chris Klusendorf *et al.*<sup>[17]</sup>. a) Transmisión de la energía. b) Transformación de unas formas de energía en otras. Disponible en <https://phet.colorado.edu/es/simulation/energy-forms-and-changes>

## 6. INDICADORES DE VALORACIÓN DEL APRENDIZAJE

Si bien las actividades propuestas no pudieron ser puestas en marcha durante las prácticas por limitaciones de tiempo, sí que se intentó analizar el efecto de una *flipped classroom*, con simulación virtual incluida, en la actitud y el aprendizaje de los alumnos durante una práctica de laboratorio de Química. Para ello se comparó la actitud de los alumnos de este grupo con los de un grupo de control, sin esa tarea previa. La sesión de prácticas del primer grupo fue mucho más

productiva, con una mayor seguridad de los alumnos en el procedimiento a seguir, y una mayor predisposición al trabajo ya que sabían previamente cuál iba a ser el objeto de la práctica y habían podido trabajar con ella de forma virtual. En resumen, aunque ambos grupos completaron la práctica, para el primer grupo la sesión fue más estimulante y participativa, realizándose en menos tiempo que la del segundo grupo, donde el profesor tuvo que repetir en varias ocasiones el objetivo de la práctica y el procedimiento a seguir. Respecto a la adquisición de conocimientos, se pasó un test a ambos grupos pasados unos días, por si la actividad había tenido efecto en la retención de la información. No hubo diferencias significativas en la distribución de la calificación de ambos grupos y puede ser debido a que estos contenidos habían sido trabajados por ambos grupos en clase de teoría.

Aunque no hemos aplicado aún la propuesta, sí que hemos diseñado el sistema de indicadores para poder estimar el efecto de la metodología planteada en el aprendizaje significativo de los alumnos. Debe existir, además del grupo o grupos a los que se aplique esta metodología, un grupo control, con una docencia tradicional. Todos los grupos serán evaluados con instrumentos de evaluación diseñados para contener indicadores de evaluación de los siguientes tipos, semejantes a los planteados por Iván Sánchez Soto *et al.*<sup>[18]</sup>: (1) Indicadores para medir la influencia de la metodología en las estrategias de aprendizaje adquiridas por el estudiante; (2) Indicadores para valorar la influencia de la propuesta metodológica en el rendimiento académico de los estudiantes; (3) Test de valoración del grado de satisfacción de los alumnos con la propuesta y de motivación para el aprendizaje de la materia. Los dos primeros tipos de indicadores serán integrados en los instrumentos de evaluación asociados a cada actividad y presentados en el apartado 5, haciendo lo mismo con el grupo de control en las actividades correspondientes. Al final de la asignatura se pasará el mismo test de valoración a todos los alumnos, que corresponderá con el indicador (3).

La validez de la metodología como mejora del aprendizaje significativo del alumno saldrá de la comparación, entre el grupo investigado y el grupo de control, de los resultados obtenidos en los distintos indicadores. Los resultados esperables son que los indicadores del tipo (1) señalen que los alumnos que han seguido esta experiencia tengan más capacidad de razonamiento y sean menos memorísticos; en segundo lugar, que los indicadores del tipo (2) marquen un mejor rendimiento académico, especialmente a largo plazo; y finalmente que el test (3) muestre una mayor motivación en los alumnos para el aprendizaje de la Física.

## 7. CONCLUSIONES

En este trabajo se ha analizado la potencialidad de laboratorios virtuales disponibles *online* para lograr un aprendizaje significativo de conceptos físicos. Se han presentado distintos ejemplos de aplicación, diseñados aquí para 4º de ESO aunque extrapolables al Bachillerato de Ciencias y al primer curso universitario de enseñanzas científico-tecnológicas, adaptando el material suministrado por el profesor al nivel de cada curso. De hecho, existen cursos completos de Física para el primer curso universitario, como el caso del curso de Ángel Franco<sup>[19]</sup>, donde se combina la explicación rigurosa de los contenidos con prácticas relacionados con los mismos en simulaciones virtuales. Para el docente entendemos que es una herramienta que puede implementar en sus metodologías activas para impartir el temario desde una perspectiva más cercana a las experiencias y la intuición del alumno.

Si bien la propuesta no ha sido aplicada, más allá de una pequeña investigación durante las prácticas del Máster, sí que pensamos que esta herramienta puede aumentar el interés de los estudiantes por la materia, de manera que les motive a trabajar los contenidos de la asignatura. Además, se han añadido elementos metodológicos que buscan hacer al alumno corresponsable de su aprendizaje, permitiéndole aprender a su propio ritmo accediendo al material facilitado por el profesor cuando, donde y cuantas veces quiera, contando además con el propio apoyo del docente. Elementos tales como la activación de los conocimientos previos del alumno, el fomento de estrategias de razonamiento y el apoyo en sus compañeros, planteados en las distintas actividades, darán seguridad al alumnado para conseguir su participación activa en la resolución de problemas y para favorecer una mejor actitud de trabajo en equipo con la búsqueda de logros comunes. Creemos que todo ello redundará en mejorar el ambiente en el aula promoviendo una mayor interacción tanto entre alumnos como entre profesor y alumno.

## REFERENCIAS

- [1] Guerra-Martín, Pablo “Aprendizaje significativo en 4º de ESO a través del laboratorio virtual y el aula invertida (Flipped Classroom)”, Trabajo Fin de Máster. Máster Universitario en Formación del Profesorado en Educación

- Secundaria, Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza en Idiomas. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. 78 pp. (2019)
- [2] Ausubel, D.P. “The psychology of meaningful verbal learning” New York, Grune and Stratton. (1963)
- [3] Moreira, M. A. “¿Al final, qué es aprendizaje significativo?” Revista Currículum, 25; marzo 2012, pp. 29-56; ISSN: 1130-5371 (2012).
- [4] EUROPEAN COMMISSION “Benchmarking Access and Use of ICT in European Schools 2006: Results from Head Teacher and A Classroom Teacher Surveys in 27 European Countries” (2006). Descargado de: [http://europa.eu.int/information\\_society/eeurope/i2010/docs/studies/final\\_report\\_3.pdf](http://europa.eu.int/information_society/eeurope/i2010/docs/studies/final_report_3.pdf)
- [5] Lozano, R. “De las TIC a las TAC: tecnologías del aprendizaje y del conocimiento”. Anuario ThinkEPI, v. 5, pp. 45-47, (2011).
- [6] Enríquez, S. C. “Luego de las TIC, las TAC”. In II Jornadas Nacionales de TIC e Innovación en el Aula (2012).
- [7] Bergmann, J., & Sams, A. “Flip your classroom: Reach every student in every class every day”. International society for technology in education (2012).
- [8] Jordan Lluch, C., Pérez Peñalver, M. J., & Sanabria Codesal, E. “Investigación del impacto en un aula de matemáticas al utilizar flip education”. Pensamiento matemático, 4(2), 9-22 (2014).
- [9] Díaz-Garrido, E., Martín-Peña, M. L., & Sánchez-López, J. M. “El impacto del flipped classroom en la motivación y en el aprendizaje de los estudiantes en la asignatura Dirección de Operaciones”. Working Papers on Operations Management, 8, 15 (2017).
- [10] Quiroz, J. S. “Diseño y moderación de entornos virtuales de aprendizaje (EVA)”. Editorial UOC (2011).
- [11] Sanz-Pardo, A. y Martínez-Vázquez, J. “El uso de los laboratorios virtuales en la asignatura bioquímica como alternativa para la aplicación de las tecnologías de la información y la comunicación”. TECNOLOGÍA QUÍMICA 25(1):5-12 (2005).
- [12] Yarden H. y Yarden A. “Learning Using Dynamic and Static Visualizations: Students’ Comprehension, Prior Knowledge and Conceptual Status of a Biotechnological Method”. Research in Science Education. 40:375–402 (2009).
- [13] Fendt, W. “Apps de Física Walter Fendt” (2000-2017): [https://www.walter-fendt.de/html5/phes/acceleration\\_es.html](https://www.walter-fendt.de/html5/phes/acceleration_es.html).
- [14] Podolefsky, N., Reid, S., Loeblein, P., Ariel, P., Perkins, P. “Phet Interactive Simulations”. University of Colorado Boulder (2002-2019): <https://phet.colorado.edu/es/simulation/forces-and-motion-basics>
- [15] Adams, W., Lancaster, K., Loeblein, T., Malley, C., Olson, J., Paulson, A., Perkins, K., Podolefsky, N., Reid, S., Wieman, C. “Phet Interactive Simulations”. University of Colorado Boulder (2004-2011): [https://phet.colorado.edu/sims/density-and-buoyancy/buoyancy\\_es.html](https://phet.colorado.edu/sims/density-and-buoyancy/buoyancy_es.html)
- [16] Paul, A., Noah Podolefsky, N., Reid, S., Dubson, M., Gruneich, B., Loeblein, P., Moore, E. B., Perkins, K., Siman-Tov, S., McGarry, A. “Phet Interactive Simulations”. University of Colorado Boulder (2004-2016): [https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-skate-park-basics/latest/energy-skate-park-basics\\_es.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-skate-park-basics/latest/energy-skate-park-basics_es.html)
- [17] Klusendorf, C., Blanco, J., Adare, A., Rouinfar, A., Podolefsky, N., Loeblein, T., Moore, E., Perkins, K., Hermismeyer, M., Lai, M. “Phet Interactive Simulations”. University of Colorado Boulder (2002-2019): [https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes\\_es.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes_es.html)
- [18] Sánchez Soto, I., Moreira, M. A., Caballero Sahelices, C. “Implementación de una propuesta de aprendizaje significativo de la cinemática a través de la resolución de problemas. Ingeniare. Revista chilena de Ingeniería, vol. 17 N° 1, pp. 27-41 (2009).
- [19] Franco García, Ángel. “Física con ordenador. Curso Interactivo de Física en Internet”. Universidad del País Vasco (1998-2011): <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/>