



**Universidad
Zaragoza**



**Máster en Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato,
Formación Profesional y Enseñanzas de Idiomas, Artísticas y Deportivas**

Especialidad en Física y Química

TRABAJO FIN DE MÁSTER CURSO 2021/2022

Las fuerzas en la naturaleza: una aproximación a la dinámica para 2º ESO

Forces in nature: an approach to dynamics for 2nd ESO

Autor: Rubén Manero Buey

Directora: Isabel Iranzo Navarro

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
a. <i>Presentación personal</i>	1
b. <i>Presentación del currículo académico</i>	1
c. <i>Contexto del centro donde se han realizado los Practicum I y II</i>	2
d. <i>Presentación del trabajo</i>	2
II. ANÁLISIS DIDÁCTICO DE DOS ACTIVIDADES REALIZADAS EN ASIGNATURAS DEL MÁSTER	3
a. <i>Programación didáctica de la asignatura Diseño curricular e instruccional de ciencias experimentales</i>	3
b. <i>Proyecto de innovación de la asignatura Innovación e investigación educativa en física y química</i>	4
III. PROPUESTA DIDÁCTICA	6
A. <i>Título y nivel educativo</i>	6
B. <i>Evaluación inicial</i>	6
C. <i>Objetivos del currículo</i>	10
D. <i>Justificación</i>	12
E. <i>Actividades</i>	15
Actividad 1. <i>¡Tenéis problemas!</i>	17
Actividad 2. <i>Newton y Galileo</i>	18
Actividad 3. <i>Gravemente acelerados</i>	20
Actividad 4. <i>¡Al límite!</i>	22
Actividad 5. <i>Escaladores</i>	23
Actividad 6. <i>Tirachinas adaptado</i>	26
Actividad 7. <i>Loading...</i>	28
Actividad 8. <i>“Me atraes, pero es que eres bipolar”</i>	29
Actividad 9. <i>“Y si nos juntamos...”</i>	31
Actividad 10. <i>Mirando al cielo</i>	33
F. <i>Análisis de los resultados de aprendizaje</i>	35
G. <i>Análisis crítico de la propuesta didáctica y propuestas de mejora</i>	36
IV. CONSIDERACIONES FINALES	37
V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
VI. ANEXOS	41

Nombre del alumno	Rubén Manero Buey
Director del TFM	Isabel Iranzo Navarro
Tutor del Centro de Prácticas II	Diego Fortea Gorraiz
Centro Educativo	IES La Azucarera
Curso en el que se desarrolla la propuesta	2º ESO
Tema de la propuesta	Las fuerzas

I. INTRODUCCIÓN

a. *Presentación personal*

Soy un hombre de 42 años, casado y con dos hijos, una niña de 9 años y un niño de 11 años. Mi pareja es maestra desde hace 17 años y en estos momentos está estudiando el Grado en Pedagogía en la UNED, compaginándolo con su trabajo. Hasta hace unos años, en el ámbito profesional, desempeñé oficios muy diversos, desde operario de producción o de logística hasta delineante o encargado de obra para una empresa de tabiquería. Fue a raíz de conocer a mi pareja que empecé a interesarme por la educación, más todavía cuando nacieron mis hijos y conforme fueron creciendo. En casa es habitual cuestionarnos nuestra labor como padres, preguntándonos en cada etapa de nuestros hijos cuál es la mejor forma de educarlos. Desde que nacieron nos ha gustado estar informados sobre el desarrollo evolutivo de los niños, con lecturas como *La pedagogía del caracol: por una escuela lenta y no violenta*, de Gianfranco Zavalloni, o *Educación en el asombro*, de Catherine L'Ecuyer. Tras la crisis de 2008 estuve unos años aguantando en un trabajo por cuenta propia como delineante y diseñador 3D, el cual tuve que compaginar en ocasiones con otros trabajos menos cualificados, hasta que en 2015 decidí empezar a estudiar el Grado en Física por la UNED con la intención de dedicarme a la Educación en un futuro. Desde entonces he dedicado todo mi tiempo al estudio y al cuidado de mis hijos, gracias también al esfuerzo de mi pareja, y en estos momentos me encuentro con mi meta casi alcanzada y mi decisión reforzada por la grata experiencia que he vivido en el Practicum II con los alumnos a los que he tenido la suerte de dar clase.

b. *Presentación del currículo académico*

En el año 1998 obtuve mi título de Bachillerato Tecnológico y realicé la prueba de Selectividad que me permitió matricularme en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos en la Universidad de Cantabria. Tras dos infructuosos años en dicha universidad tuve que volver a Zaragoza, donde trabajé como vendedor/expendedor de carburante en dos gasolineras y como peón de producción en una fábrica. Fue en este último trabajo, en turno de noche, cuando pude compaginarlo con los estudios de un Grado Superior en Proyectos de Construcción que me habilitó como delineante y me permitió acceder a empresas del ámbito de la construcción para realizar certificaciones de obra en un principio y terminar siendo encargado. Gracias a este título, con una nota media de 8, en 2015 me matriculé en la UNED para el primer curso del Grado en Física. Dos años más tarde solicité el traslado de expediente a la Universidad de Zaragoza y obtuve mi título de Graduado en 2021.

c. Contexto del centro donde se han realizado los Practicum I y II

El IES La Azucarera es un centro ordinario urbano de carácter público en el que se ofrecen enseñanzas de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) y Bachillerato. El equipo docente está conformado por 83 profesores. Además, el centro incluye distintos órganos de coordinación como son el Departamento de Actividades Complementarias y Extraescolares (regulado por el Reglamento de Organización de Centros, siguiendo el R.D 83/1996, Arts. 45 a 47), el Departamento de Innovación y Formación Educativa (regulado por la ORDEN ECD/401/2016 de 25 de abril, por la que se crea el Departamento de Innovación y Formación Educativa en todos los Institutos de Educación Secundaria de la Comunidad de Aragón), los Departamentos Didácticos (regulados por el ROC siguiendo el R.D. 83/1996, Arts. 48 a 52), una Comisión de Coordinación Pedagógica y el Departamento de Orientación (regulado por el ROC siguiendo el R.D 83/1996, Arts. 41 a 44).

En lo que a infraestructuras se refiere, el IES La Azucarera está formado por un edificio principal, un edificio secundario para uso exclusivo del Bachillerato, un pabellón polideportivo y un barracón de apoyo para subsanar la masificación del centro, que cuenta con un total de 802 alumnos. En esta línea, cabe destacar que La Azucarera supera la ratio máxima de 35 estudiantes por clase, lo cual ha derivado en serios problemas de espacio en los últimos años. Dentro de las instalaciones, el IES cuenta con una gran variedad de estancias entre las que destacan dos aulas de tecnología, cinco de informática, una biblioteca, un laboratorio de física y otro de química y una sala de usos múltiples, aunque este año algunas de ellas se han tenido que habilitar como aulas ordinarias y su disponibilidad es limitada.

d. Presentación del trabajo

En este documento se pretende recoger una propuesta didáctica bien fundamentada conforme a la formación recibida durante estos meses en los estudios del Máster en Profesorado. En primer lugar se analizarán dos de los trabajos realizados en las asignaturas de *Diseño curricular e instruccional de ciencias experimentales* e *Innovación e investigación educativa en física y química*, que me han servido para acometer el Practicum II con mayor seguridad y conocimiento de mi función docente. De ellos se puede extraer la importancia de la preparación previa que supone implementar una actividad en el aula así como la necesidad de apoyarse en las investigaciones llevadas a cabo por otras personas y cuya información nos aporta una mirada crítica sobre el diseño que podamos idear. Posteriormente se pasará a detallar la propuesta didáctica, justificada en base a una serie de artículos que ya han tratado las ideas previas de los alumnos de secundaria respecto al concepto de fuerza o que abogan por metodologías activas que se centren en el alumno como protagonista de su propio aprendizaje. En este sentido, mi posición como docente está completamente de acuerdo con los escritos consultados, en base a mi experiencia como estudiante en la que los profesores que me impartieron asignaturas científicas en mi juventud fomentaron pobremente el interés por dichas materias. Es mi intención diseñar actividades que, a mi parecer, resulten motivadoras para los alumnos, independientemente de su afinidad por la ciencia. Creo que es importante despertar la curiosidad y el asombro y partir de los intereses de los estudiantes para que realmente se dé el aprendizaje significativo que tanto hemos oído nombrar en clase. En un futuro, si puedo, procuraré iniciar mi relación con los alumnos con un cuestionario anónimo sobre sus gustos para adaptar las clases a lo largo del curso de tal manera que se pueda abordar la ciencia desde las aficiones que más les atraigan.

II. ANÁLISIS DIDÁCTICO DE DOS ACTIVIDADES REALIZADAS EN ASIGNATURAS DEL MÁSTER

a. Programación didáctica de la asignatura *Diseño curricular e instruccional de ciencias experimentales*

La asignatura de *Diseño curricular e instruccional de ciencias experimentales*, perteneciente al primer cuatrimestre, tiene como objetivo general “dotar al alumnado de los conocimientos básicos en Didáctica de las Ciencias Experimentales”. En la parte correspondiente a *Diseño curricular* tuvimos que realizar la programación de uno de los bloques contemplados en el Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato, correspondiente a la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (Texto consolidado). En mi caso, seleccioné el *Bloque 5: Óptica geométrica* de Física de 2º de Bachillerato trabajando también de manera transversal el *Bloque 1: La actividad científica*, que a nivel autonómico se concretan en la Orden ECD/494/2016, de 26 de mayo, por la que se aprueba el currículo del Bachillerato y se autoriza su aplicación en los centros docentes de la Comunidad Autónoma de Aragón. La finalidad de este trabajo era la de aplicar los conocimientos adquiridos al diseño de dicha programación teniendo en cuenta todas las variables contempladas en la legislación vigente.

Así, debíamos planificar el aprendizaje de los contenidos marcados en el currículo para el bloque elegido partiendo de los objetivos generales de la asignatura e indicando qué objetivos generales de etapa se trabajarían en las unidades didácticas correspondientes. A su vez, tuvimos que señalar aquellas competencias clave que desarrollarían los alumnos a lo largo de las sesiones diseñadas, los contenidos mínimos que deberían alcanzar y otros contenidos complementarios que consideráramos oportunos, siempre englobados dentro de algún criterio de evaluación o estándar de aprendizaje contemplado en el currículo. En este sentido, debíamos diseñar también los procedimientos e instrumentos de evaluación que utilizaríamos y asociarlos a cada uno de los criterios y estándares de los bloques abordados. Además, a partir de estos instrumentos definiríamos también los criterios de calificación asignándoles un peso concreto sobre la calificación global.

Otra parte importante del trabajo fue la secuenciación del bloque en unidades didácticas con su asignación de horas correspondiente, enmarcada en la distribución horaria establecida en el Anexo III de la Orden ECD/494/2016, de 26 de mayo, y habiendo consultado el Calendario escolar 2020/2021 de la Comunidad Autónoma de Aragón para realizar la distribución global de los bloques en los que se divide la asignatura. También tuvimos que contemplar las orientaciones y principios metodológicos establecidos en el currículo así como los elementos transversales que abordaríamos en las distintas unidades didácticas, definiendo la forma en la que se tratarían durante las sesiones programadas para cada una de ellas. A su vez, hicimos un listado de los materiales y recursos didácticos que se usarían en dichas sesiones y definimos una serie de medidas de atención a la diversidad según el contexto de aula que hubiéramos planteado en un principio.

Por último, tuvimos en cuenta posibles adaptaciones de la programación en función del Plan de lectura del centro elegido para contextualizar la programación, Proyecto de bilingüismo o Plan de contingencia en caso de necesidad de atención educativa a distancia. Y además, debíamos explicar cómo se llevarían a cabo las actividades de recuperación de materias no superadas en cursos anteriores referentes al bloque elegido, la realización de pruebas extraordinarias o si se propondría alguna actividad complementaria o extraescolar que pudiera encajar con los contenidos abordados.

Este tipo de trabajo me ha parecido muy completo en cuanto a mi formación como profesor, haciendo que me familiarice con la consulta de legislación educativa y tomando conciencia de la importancia de conocer todos los elementos didácticos que se precisan para programar una asignatura, una unidad didáctica o una mera actividad para una única sesión. Es difícil tener en cuenta todas las variables que entran en juego cuando intentamos abarcar determinados contenidos considerando además el contexto de aula y el contexto legal. Si a esto le sumamos la intención de aplicar determinadas metodologías o innovar con propuestas didácticas de elaboración propia, resulta indispensable haber interiorizado todos los pasos descritos anteriormente y manejarlos con soltura.

En el Practicum II, el haber realizado este trabajo previo me sirvió para programar toda la unidad didáctica sobre las fuerzas mediante una presentación de elaboración propia y varias actividades que pude implementar en el aula. El grupo de 2º de ESO que se me asignó no tenía ningún alumno con adaptación curricular, por lo que no hube de considerar medidas extraordinarias de modificación de contenidos mínimos o distinción de objetivos de aprendizaje entre el grupo y aquellos alumnos que lo necesitaran. En cuanto a la evaluación, según la Programación didáctica del Departamento de Física y Química, mi labor se vio limitada ya que el 90% de la misma debía ser una prueba global mientras que únicamente con el 10% restante podía proponer una actividad diseñada con total libertad. Aun así, habiendo estado en contacto con mi tutor en el centro, Diego Fortea, desde que le conocí en el Practicum I, pude realizar toda la programación antes de incorporarme al centro y llevarla a cabo durante el mes y medio que permanecí en él, de lo cual le estoy enormemente agradecido por permitirme ejercer de profesor desde el primer momento y con total autonomía. La preparación de recursos para las distintas actividades fue donde más tiempo tuve que invertir, habiendo programado demostraciones prácticas en el aula y actividades experimentales o buscando simuladores y vídeos de divulgación científica acordes a los contenidos del bloque.

b. Proyecto de innovación de la asignatura Innovación e investigación educativa en física y química

El objetivo principal de la asignatura *Innovación e investigación educativa en física y química*, del segundo cuatrimestre, es formar a los alumnos para que desarrollen competencias para evaluar, innovar e investigar en el ámbito de la didáctica de las ciencias. Así, en ella realizamos una serie de actividades que nos sirvieron para conocer distintas herramientas innovadoras sobre determinados conceptos científicos, documentarnos adecuadamente sobre su uso y otros temas concernientes a la enseñanza, y aprender los distintos tipos de evaluación que podemos llevar a cabo en nuestra labor docente. Toda esta preparación previa nos sirvió para elaborar un proyecto en el que debíamos proponer una experiencia innovadora para los alumnos con una base sólida fundamentada en la investigación llevada a cabo por investigadores del ámbito de la didáctica de las ciencias y estructurada mediante una evaluación acorde a los objetivos de aprendizaje que se quisieran alcanzar. El objetivo de este trabajo era el de prepararnos para abordar el diseño de actividades desde una perspectiva novedosa y justificada.

Gracias a esta formación, en mi caso, pude elaborar una actividad que utilicé con los alumnos en el Practicum II y que me sirvió para cubrir el 10% de la evaluación que se me permitió diseñar libremente. Habiendo profundizado en el uso del simulador astronómico *Solar System Scope*, consulté diversos artículos sobre el uso de simuladores o herramientas TIC y el tratamiento de la astronomía en Secundaria. Además, preparé una evaluación inicial para valorar los conocimientos que tenían los alumnos referentes al criterio de evaluación *Crit.FQ.4.7. Analizar el orden de magnitud de las distancias implicadas entre los diferentes cuerpos celestes del Bloque 4: El movimiento y las fuerzas de 2º ESO*, recogido en la Orden

ECD/489/2016, de 26 de mayo, por la que se aprueba el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y se autoriza su aplicación en los centros docentes de la Comunidad Autónoma de Aragón. Esta evaluación inicial consideré posteriormente que había sido demasiado complicada para alguien no versado en astronomía y para futuras implementaciones de la actividad deberé modificarla.

Aunque en el IES La Azucarera este año las aulas de informática no tienen una disponibilidad muy amplia, con la ayuda de mi tutor en el centro pudimos reservar una sesión en una de ellas y que todos los alumnos pudieran manejar el simulador simultáneamente, realizando la actividad tal y como la había ideado desde un principio. La alternativa habría sido proyectar el simulador en la pantalla táctil de la que disponía el aula ordinaria y que los alumnos lo manejaran desde sus dispositivos móviles que, aunque están prohibidos en el centro, se permite su uso con fines didácticos. Creo que esta opción no habría sido la más idónea ya que no se hubiera podido controlar adecuadamente si los alumnos seguían correctamente la actividad y la interacción con el profesor se habría visto limitada. Habiendo explicado brevemente el manejo del simulador en una sesión anterior en el aula ordinaria, los alumnos pudieron dedicarse en el aula de informática a trabajar desde un principio sobre las cuestiones a resolver con el simulador que les planteé y que fui valorando mediante una evaluación formativa en forma de tabla con los alumnos y los ítems que consideré relevantes.

Al final de la sesión les indiqué el trabajo que deberían realizar en su casa sobre distintos cuerpos celestes extrayendo determinados datos del simulador *Solar System Scope* y consultando fuentes que les suministraran otros datos relevantes. Éste serviría de evaluación sumativa para disponer posteriormente de un documento que reflejara la parte de la evaluación global que se había determinado para esta actividad. Las instrucciones de este trabajo las colgué en Classroom junto a la rúbrica de evaluación que utilizaría para su corrección, de tal manera que los alumnos pudieran disponer de esta información y adecuar su esfuerzo a mejorar en los objetivos que se iban a considerar. Las producciones que éstos realizaron fueron de una calidad considerable, algunas con presentaciones interactivas realizadas con *Canva*, *Prezi* o *Genially*.

Por último, volví a realizar el mismo test que había usado en la evaluación inicial comprobando que los aciertos a las preguntas planteadas aumentaron significativamente. Bien es cierto que esta prueba se realizó en la sesión siguiente a la fecha límite de entrega del trabajo sobre los cuerpos celestes aunque la actividad en el aula de informática había sido dos semanas antes. Lo ideal habría sido dejar pasar más tiempo para comprobar si los conocimientos adquiridos realmente se habían asentado en la memoria a largo plazo de los estudiantes pero, al ser la duración del Practicum limitada, no hubo opción de retrasar más esta comprobación.

El diseño de este proyecto y las conclusiones a las que se llegó no hubieran sido posibles sin la formación recibida en las asignaturas del Máster respecto a pautas de investigación, programación y evaluación, sobre todo en la parte de Fundamentos de *Diseño curricular e instruccional de ciencias experimentales*, en *Diseño de actividades de aprendizaje de física y química* y, especialmente, en *Innovación e investigación educativa en física y química*. Los alumnos recibieron con gran agrado esta actividad y su motivación quedó reflejada en los trabajos que realizaron, el interés que demostraron durante la sesión en el aula de informática y con los resultados obtenidos en el test que contestaron tras ésta. El proceso de aprendizaje se vio reforzado al tratarse de una práctica interactiva y participativa, mejorando también la relación entre profesor y estudiantes con un trato más cercano y distendido. En este sentido, se pudieron comprobar las afirmaciones realizadas en diversos estudios sobre atención, autonomía o motivación, entre otros, mostrados por los alumnos con este tipo de actividades.

III. PROPUESTA DIDÁCTICA

A. Título y nivel educativo

La propuesta está enfocada para 2º ESO y llevaría como título el mismo que se ha expresado en la portada de este trabajo:

“Las fuerzas en la naturaleza: una aproximación a la dinámica para 2º ESO”

B. Evaluación inicial

Son múltiples los artículos publicados por distintos investigadores que pueden ayudarnos a enfocar la enseñanza de las fuerzas en Secundaria desde una base bien fundamentada respecto a las dificultades que pueden encontrar los alumnos, al enfrentarse a determinados conceptos científicos que chocan con su intuición o la terminología habitual usada en el ámbito cotidiano. Tanto en Bolaños y Giraldo (2015) como en Hierrezuelo y Molina (2021) o Mora y Herrera (2009) se realizaron estudios exhaustivos sobre las ideas previas referentes al concepto de fuerza como causante de la variación de movimiento sobre los cuerpos. En general, los estudiantes suelen asociar fuerza con movimiento o velocidad en vez de aceleración y su intuición les induce a pensar que durante el movimiento existe siempre una fuerza que lo genera, “ideas parecidas a las que tiempos atrás atenuaron el mundo antiguo, como la concepción aristotélica del movimiento y las nociones de fuerza impresa expuestas en la teoría del ímpetu” (Bolaños y Giraldo, 2015). En sendos estudios se concluye que “los profesores que conocen las ideas previas de sus alumnos mejoran el aprendizaje de ellos” (Mora y Herrera, 2009) o que “[l]os alumnos que utilicen una metodología por descubrimiento orientado, [...] conseguirán el cambio conceptual en una proporción mayor que los que utilicen otra metodología en la que no se haya tenido en cuenta las ideas previas” (Hierrezuelo y Molina, 2021). Además, como el esfuerzo requerido para constatar dichas ideas previas en ocasiones no es realizable, teniendo en cuenta el tiempo tan ajustado con el que cuentan los docentes para cubrir los contenidos del currículo, sugieren que se adapten las estrategias de aprendizaje sobre aquellas cotejadas por distintos estudios ya realizados. Para ello, abogan por el uso de metodologías de aprendizaje activo dándole importancia, entre otras características, a la generación de “un fuerte conflicto con las predicciones basadas en cualquiera de las ideas previas sobre fuerza” (Mora y Herrera, 2009). En este sentido, Herrera (2008) puntualiza que “[l]os elementos del aprendizaje activo son: Hablar, Escuchar, Escribir, Leer y Reflexionar (McKinney, 2008; Meyers y Jones, 1993)”.

También podemos encontrar reflexiones parecidas en los estudios realizados por Puerto y Seminara (2011), Monroy y Orozco (2017) o Flores et al. (2015 y 2017). En el estudio publicado por Monroy y Orozco (2017) se utilizó una secuencia “basada en las técnicas POE (Predecir, Observar, Explicar), la cual está relacionada con [...] la de ABP (Aprendizaje Basado en Problemas)” para estudiar cantidades físicas vectoriales, donde se defiende el aprendizaje por descubrimiento, y en el artículo redactado por Puerto y Seminara (2011) se describe una experiencia “en la que se evidencia que el trabajo grupal parece contribuir al proceso hacia el anhelado cambio conceptual” respecto a las ideas previas de los alumnos. Por otro lado, en los estudios de Flores, González, Alfaro, Hernández, Barrón y Chávez (2015) y Flores, Cuellar, González, Ramírez, Cruz y Aguirre (2017) se identificaron las dificultades que presentan la mayoría de alumnos de primer curso en carreras técnicas en las operaciones con vectores y proponen un cambio de metodología en las etapas anteriores para evitar conceptos erróneos adquiridos por los estudiantes en dichas etapas.

De estos informes, cabe destacar la aportación sugerida en el artículo de Puerto y Seminara (2011) como “estrategia docente para el cambio conceptual:

- *poner en evidencia* las ideas previas de los alumnos,
- *discutir y evaluar* esas ideas,
- *crear conflicto conceptual* con las mismas y
- *alentar y guiar* la reestructuración conceptual.”

Las ideas previas respecto a las fuerzas recogidas por Mora y Herrera (2009) son las mostradas en la *Tabla 1*, siendo algunas de ellas contradictorias entre sí, como el hecho de que un objeto permanezca en reposo en ausencia de fuerzas o por el contrario sea por la acción del aire y/o la presión.

En el Practicum II no realicé una prueba de evaluación inicial por escrito sino que diseñé una presentación en Powerpoint con imágenes de distinta índole que representaban fenómenos en los que actuaban diversas fuerzas y debatí con los alumnos sobre la interpretación que daban de las mismas. El objetivo principal de esta primera sesión era comprobar mis habilidades como profesor novel, medir la aceptación de mi rol docente con el grupo de alumnos y empezar a aprenderme sus nombres. Para ello, tras discutir sobre algunas imágenes que proyecté en la pantalla táctil del aula, les propuse que cada uno de ellos me dijera su nombre y un verbo que indicara una acción en la que interviniera algún tipo de fuerza, anotando ambos datos en la pizarra y empezando por mi nombre y el verbo “aplastar”. De algunas de las intervenciones que hicieron durante la sesión tomé anotaciones al finalizar la clase y observé que desconocían la relación entre electricidad y fuerza, pensaban que los objetos más pesados caían más rápido o asociaban el cambio de movimiento únicamente a que un objeto pasara a moverse desde un estado de reposo o viceversa y no con un cambio de dirección. Quizás este tipo de interpretaciones estuvieran influidas por el tipo de imágenes que les mostré y, tras debatir sobre ellas, las respuestas iban variando con algunas aportaciones o nuevas preguntas que les hice. Por eso, más abajo propondré un tipo de evaluación inicial que servirá para cotejar algunas de las ideas previas comentadas por otros autores o analizar las dificultades de comprensión que yo mismo pude comprobar durante el Practicum.

En el IES La azucarera, aunque los 5 profesores del Departamento de Física y Química no son partidarios de seguir un libro de texto para impartir sus materias, se dispone del libro *Física y Química. Serie Investiga* para 2º ESO de Santillana. Por mi parte, los apuntes que utilicé para impartir las clases fueron de elaboración propia guiándome por dicho libro de texto, el currículo oficial y otros apuntes obtenidos de internet creados por otros profesores de secundaria, aunque tanto las imágenes como los modelos que utilicé fueron seleccionados íntegramente a través de búsquedas independientes en internet según lo que consideré que sería la mejor forma de explicar los distintos conceptos a introducir en clase. En el libro de texto eché en falta algunos modelos que explicaran de donde provenían los fenómenos eléctricos y magnéticos y, por otro lado, se introducían conceptos no contemplados en el currículo, como la ley de Ohm, o se presentaba un modelo distorsionado del Sistema Solar que induce a falsear las escalas reales astronómicas. La programación de la unidad didáctica y su posterior aplicación me hicieron ser consciente, aun a día de hoy, de la falta de conocimientos propios para seleccionar los modelos más adecuados para la enseñanza y la necesidad de seguir formándome y consultando diversas investigaciones a lo largo de mi carrera profesional.

Una de las mayores dificultades que observé en los alumnos fue el cambio de unidades según la segunda ley de Newton, también la asimilación del concepto de velocidad límite para un cuerpo en caída libre o la transformación de fuerzas y movimientos en sistemas de poleas. De

esta manera, la evaluación inicial que propondría sería la mostrada en la *Figura 1*. En ella, se pueden comprobar algunas de las ideas previas enumeradas por Mora y Herrera (2009) así como aquellas que, a mi parecer, pueden tener algunos alumnos según mi breve experiencia.

La primera pregunta está enfocada a las ideas previas 1 y 8 de la *Tabla 1*, habiéndola planteado mediante una nave moviéndose en el espacio para evitar que incluyan la fuerza de gravedad y ver si sostienen la teoría del ímpetu por la que el impulso original se mantiene sobre el objeto acompañándolo como una especie de presión que lo empuja. En la segunda, con un objeto colocado sobre una mesa, se comprobarían las ideas previas 2, 3 y 4, viendo si se decantan más por la ausencia de fuerzas o por el efecto de la presión del aire como fenómeno que mantiene el objeto en reposo. La tercera pregunta, sobre una pelota sostenida con la mano que posteriormente se suelta, está directamente asociada con las ideas previas 6 y 7, y la cuarta, haciendo rebotar una pelota contra la pared, con la 5, además de hacernos una idea de su conocimiento sobre la tercera ley de Newton. En la quinta pregunta, en la cual se estudiaría el lanzamiento de una flecha, se volverían a comprobar la 1 y la 6 principalmente, y en las preguntas 6 y 7, sobre un carro empujado con una fuerza constante, se cotejarían las ideas previas 10 y 9, respectivamente, además de la 8 en ambos casos. La octava pregunta va dirigida a la idea previa número 12, de la que podemos deducir la creencia de que una fuerza en una dirección perpendicular a la aplicada influye sobre esta última. Por último, las preguntas 9 y 10 las he ideado en base a mi experiencia con los alumnos a los que di clase y que podrían servir para hacerse una idea de lo que conciben o visualizan al mostrarles un sistema de poleas o plantearles por qué se forman los rayos en una tormenta.

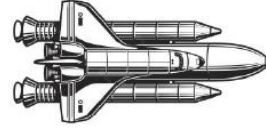
Seguramente existirán más ideas previas analizadas por otros autores respecto a este ámbito pero creo que, de momento, he abarcado unas cuantas que pueden servir de comienzo en mi andadura como profesor de ciencias. En un futuro seguiré investigando sobre éstas y otras relacionadas con el movimiento, la energía u otros conceptos asociados a las fuerzas, además de poder comprobarlas e ir anotando aquellas dificultades que observe con la práctica.

IDEAS PREVIAS SOBRE LAS FUERZAS
<i>1. Todo movimiento tiene una causa (la fuerza o la gravedad).</i>
<i>2. En ausencia de fuerza, todo objeto permanece en reposo (con respecto a la Tierra).</i>
<i>3. El aire y/o la presión del aire son los responsables de que un objeto se mantenga en reposo.</i>
<i>4. Cuando un objeto se encuentra sobre una superficie, ésta lo único que hace es sostener el objeto, evitando así que éste se mueva.</i>
<i>5. Los obstáculos pueden redireccionar o detener el movimiento, pero ellos no pueden ser agentes que apliquen fuerzas.</i>
<i>6. Los objetos para caer no requieren fuerza, ya que ellos siempre quieren ir hacia abajo.</i>
<i>7. En el instante en que se suelta una pelota, sobre ella no actúa fuerza alguna.</i>
<i>8. Una fuerza constante produce una velocidad constante, expresada como $F = mv$.</i>
<i>9. El intervalo de tiempo necesario para recorrer una distancia específica bajo una fuerza constante es inversamente proporcional a la magnitud de la fuerza.</i>
<i>10. Una fuerza no puede mantener un objeto acelerado indefinidamente.</i>
<i>11. Cuando dos o más fuerzas están en competencia, el movimiento está determinado por la fuerza más grande.</i>
<i>12. Una fuerza no puede mover un objeto, a menos que ésta sea mayor que el peso o la masa del objeto.</i>

Tabla 1. Ideas previas de los alumnos sobre el concepto de fuerza (Mora y Herrera, 2009)

PRUEBA DE EVALUACIÓN INICIAL

1. Una nave viaja por el espacio a velocidad constante con los propulsores apagados. ¿Actúa alguna fuerza sobre ella? Si es así, dibújala.



2. Hay un objeto apoyado sobre una mesa que no se mueve. ¿Existe alguna fuerza que haga que permanezca quieto? Si es así, dibújala.



3. Si sostenemos una pelota con una mano, ¿ejercemos alguna fuerza sobre ella? Y si la soltamos, ¿por qué cae hacia el suelo?



4. Cuando hacemos rebotar una pelota contra la pared, ¿la pared ejerce alguna fuerza sobre la pelota? ¿Y la pelota sobre la pared?

5. ¿Qué fuerzas actúan sobre una flecha lanzada con un arco cuando ya ha sido disparada? Dibújalas. ¿O no actúa ninguna fuerza?



6. Si empujamos un carro con ruedas siempre con la misma fuerza, ¿qué ocurrirá? ¿Se irá acelerando cada vez más o se moverá a una determinada velocidad?

7. Si con la fuerza que hicimos antes sobre el carro éste recorrió 10 metros en 10 segundos, ¿cuánto tiempo crees que tardará en recorrer la misma distancia si aplicamos el doble de fuerza?

8. ¿Podríamos mover una piedra de 200 kg de masa si se encuentra sobre una superficie de hielo? Explica por qué.

9. En el montaje con poleas de la figura, ¿podrá un hombre de 70 kg levantar la pesa si su masa son 100 kg?



10. ¿A qué crees que se deben los rayos que se producen en una tormenta?

Figura 1. Propuesta de evaluación inicial sobre fuerzas

Este cuestionario podría servir para establecer el nivel inicial de los alumnos aunque, como ya he comentado antes, donde vi mayores dificultades fue en los cambios de unidades, por lo que se podría plantear además otra prueba en la que se les pidiera usar factores de conversión para distintas magnitudes junto a alguna cuestión más de razonamiento matemático. Realmente, siendo el bloque sobre las fuerzas uno de los últimos tratados durante el curso se supone que este tipo de ejercicios deberían estar suficientemente trabajados pero entiendo que a muchos alumnos les cueste asimilar determinadas operaciones así que lo ideal sería trabajar constantemente con factores de conversión dando los datos de los problemas en unidades que sean múltiplos de las del Sistema Internacional.

La evaluación inicial es primordial para adaptar la organización de la materia y ahondar en aquellos problemas de aprendizaje que se constaten o que se hayan consultado en la literatura referente a los mismos. Como alguno de los autores citados comenta, el profesor que se preocupa por conocer las limitaciones de sus alumnos y los modelos mentales que manejan, así como su forma de interpretar determinados fenómenos, podrá optimizar el rendimiento académico de los mismos y mejorar su aprendizaje.

Creo que lo ideal antes de empezar con cualquier bloque de una asignatura determinada sería informarse adecuadamente a través de las investigaciones realizadas por diversos autores para elaborar unos apuntes acordes a las conclusiones que se hayan extraído de dichos artículos y realizar una prueba de evaluación inicial consecuente con dicha información u otra cotejada por el propio profesor y/o sus colegas. La evaluación inicial sería una especie de corrección a la programación propuesta inicialmente que indicaría el nivel concreto del grupo de alumnos con el que se va a trabajar, permitiendo así modificar oportunamente los apuntes diseñados con anterioridad.

Esta propuesta didáctica está casi íntegramente centrada en las ideas previas analizadas y las limitaciones observadas durante el Practicum, además de haber buscado actividades motivadoras que, a mi parecer, podrían encajar con los gustos e intereses de determinados alumnos si se les hubiera consultado al inicio de curso.

C. Objetivos del currículo

Al estar enfocado este trabajo a su aplicación para el curso 2022/2023 y ya que, según el calendario de implantación de la Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación, ésta solamente afectará a los cursos impares, he mantenido los criterios de evaluación de la Orden ECD/489/2016, de 26 de mayo, por la que se aprueba el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y se autoriza su aplicación en los centros docentes de la Comunidad Autónoma de Aragón.

A su vez, siguiendo el criterio del centro donde he realizado el Practicum, supondré que la parte concerniente al movimiento (cinemática), del *Bloque 4: El movimiento y las fuerzas*, se ha abordado previamente. De este modo, se supondrán trabajadas las magnitudes y unidades asociadas al movimiento de los cuerpos pero no aquellas concernientes a sus causas, las cuales serán explicadas dentro del ámbito de la dinámica.

Nota: Existe una errata en la Orden ECD/489/2016, ya que el Bloque 4 en realidad es el tercero del curso en cuestión pero, como llevo haciendo hasta ahora, seguiré numerándolo según viene en dicha Orden.

En la *Tabla 2* se recogen los criterios de evaluación definidos en el currículo para el bloque abordado en la propuesta didáctica, asociados además a las competencias clave designadas en el mismo como *Competencia matemática* y *competencias básicas en ciencia y tecnología* (CMCT), *Competencia digital* (CD) y *Competencias sociales y cívicas* (CSC). En esta propuesta se contemplarán aquellos que guardan relación directa con las fuerzas, es decir, todos menos Crit.FQ.4.2. y Crit.FQ.4.3.

FÍSICA Y QUÍMICA		Curso: 2º
BLOQUE 4: El movimiento y las fuerzas		
CONTENIDOS: Las fuerzas. Efectos. Velocidad media, velocidad instantánea y aceleración. Máquinas simples. Fuerzas en la naturaleza.		
CRITERIOS DE EVALUACIÓN		COMPETENCIAS CLAVE
Crit.FQ.4.1. Reconocer el papel de las fuerzas como causa de los cambios de estado de movimiento y de las deformaciones.		CMCT
Crit.FQ.4.2. Establecer el valor de la velocidad media de un cuerpo como la relación entre el espacio recorrido y el tiempo invertido en recorrerlo.		CMCT-CD
Crit.FQ.4.3. Diferenciar entre velocidad media e instantánea a partir de gráficas posición/tiempo y velocidad/tiempo, y deducir el valor de la aceleración utilizando éstas últimas.		CMCT
Crit.FQ.4.4. Valorar la utilidad de las máquinas simples en la transformación de un movimiento en otro diferente, y la reducción de la fuerza aplicada necesaria.		CMCT
Crit.FQ.4.5. Comprender el papel que juega el rozamiento en la vida cotidiana.		CMCT-CSC
Crit.FQ.4.6. Considerar la fuerza gravitatoria como la responsable del peso de los cuerpos y distinguir entre masa y peso, midiendo la masa con la balanza y el peso con el dinamómetro. Calcular el peso a partir de la masa y viceversa, y la aceleración de la gravedad utilizando la balanza y el dinamómetro.		CMCT
Crit.FQ.4.7. Analizar el orden de magnitud de las distancias implicadas entre los diferentes cuerpos celestes.		CMCT
Crit.FQ.4.8. Conocer los tipos de cargas eléctricas, su papel en la constitución de la materia y las características de las fuerzas que se manifiestan entre ellas.		CMCT
Crit.FQ.4.9. Interpretar fenómenos eléctricos mediante el modelo de carga eléctrica y valorar la importancia de la electricidad en la vida cotidiana.		CMCT-CSC
Crit.FQ.4.10. Justificar cualitativamente fenómenos magnéticos y valorar la contribución del magnetismo en el desarrollo tecnológico.		CMCT
Crit.FQ.4.11. Comparar los distintos tipos de imanes, analizar su comportamiento y deducir mediante experiencias las características de las fuerzas magnéticas puestas de manifiesto, así como su relación con la corriente eléctrica.		CMCT-CD
Crit.FQ.4.12. Reconocer las distintas fuerzas que aparecen en la naturaleza y los distintos fenómenos asociados a ellas.		CMCT-CD

Tabla 2. Criterios de evaluación y competencias clave extraídas de la Orden ECD/489/2016

A su vez, se diseñarán las distintas actividades teniendo en cuenta los siguientes objetivos generales de la asignatura para la etapa de secundaria:

- Obj.FQ.1. Conocer y entender el método científico de manera que puedan aplicar sus procedimientos a la resolución de problemas sencillos, formulando hipótesis, diseñando experimentos o estrategias de resolución, analizando los resultados y elaborando conclusiones argumentadas razonadamente.
- Obj.FQ.3. Aplicar procedimientos científicos para argumentar, discutir, contrastar y razonar informaciones y mensajes cotidianos relacionados con la Física y la Química aplicando el pensamiento crítico y con actitudes propias de la ciencia como rigor, precisión, objetividad, reflexión, etc.
- Obj.FQ.4. Interpretar modelos representativos usados en ciencia como diagramas, gráficas, tablas y expresiones matemáticas básicas y emplearlos en el análisis de problemas.

Obj.FQ.5. Obtener y saber seleccionar, según su origen, información sobre temas científicos utilizando fuentes diversas, incluidas las Tecnologías de la Información y Comunicación y emplear la información obtenida para argumentar y elaborar trabajos individuales o en grupo sobre temas relacionados con la Física y la Química, adoptando una actitud crítica ante diferentes informaciones para valorar su objetividad científica.

Obj.FQ.6. Aplicar los fundamentos científicos y metodológicos propios de la materia para explicar los procesos físicos y químicos básicos que caracterizan el funcionamiento de la naturaleza.

Con estas premisas y en base a la justificación didáctica que se hará en el siguiente apartado así como a los [resultados de aprendizaje](#) recogidos tras la presentación de las distintas actividades, se definen los siguientes objetivos específicos que se pretenden alcanzar a través de la implementación de esta propuesta didáctica:

- O1. Desarrollar competencias y habilidades en relaciones interpersonales y trabajo cooperativo.
- O2. Trabajar las habilidades cognitivas (pensamientos convergente, divergente y metacognitivo) mediante actividades adaptadas a tal fin.
- O3. Enfrentar ideas previas haciendo uso de estrategias de deducción y argumentación.
- O4. Adquirir los conocimientos suficientes para comprender las interacciones esenciales entre cuerpos, tanto a tamaño microscópico como macroscópico.
- O5. Comprender el carácter vectorial de las fuerzas y realizar los sumatorios oportunos para un sistema bajo la acción de varias fuerzas en las direcciones horizontal o vertical.
- O6. Hacer un uso correcto de las unidades del SI para las magnitudes implicadas en el cálculo de la fuerza resultante sobre un sistema dado.
- O7. Ganar autonomía y voluntad en el proceso de aprendizaje a través de la curiosidad y la automotivación.

D. Justificación

Es mi intención como profesor generar un clima de confianza en el aula y acercarme en la medida de lo posible a la realidad de la vida cotidiana de mis alumnos. Creo que si adaptamos la enseñanza a dicha realidad será probablemente más fácil encontrar la motivación que ayude a los adolescentes a interesarse por las materias que se ven obligados a aprender. Como ya he sugerido en la presentación, partiré de la base de haber recabado información sobre los gustos y aficiones de los estudiantes y supondré que la secuencia de actividades propuestas ha surgido a raíz de dichos datos. Esta es una forma de enfocar el aprendizaje significativo, del que tanto se nos ha hablado en las clases del Máster, que se centra directamente en los alumnos y las actividades ajenas a sus estudios que más les divierten o satisfacen. Este enfoque también tiene sus riesgos ya que se puede dar el caso de desmontar ideas previas en ámbitos en los que los adolescentes pueden considerarse expertos y eso les suponga un conflicto interior que cause justo el efecto contrario que se pretende conseguir. Así que será importante en la aplicación de esta propuesta buscar que sean los propios alumnos los que deduzcan los conocimientos que deben adquirir y puedan cambiar sus esquemas mentales sin que ello suponga un rechazo a los modelos científicos que finalmente se les presenten.

Para que el aprendizaje sea realmente significativo y se apoye en los conocimientos previos del estudiante se debe contar con que éste tenga una actitud positiva hacia dicho tipo de

aprendizaje y que la materia sea potencialmente significativa para él (Ausubel, 1976). Además, debe percibir que los conocimientos o habilidades ganadas en este proceso le serán útiles en otros contextos. El aprendizaje significativo conlleva también la construcción de nuevos conceptos y la interacción con los demás (Baro, 2011).

Siguiendo las recomendaciones de Mora y Herrera (2009), Puerto y Seminara (2011), Monroy y Orozco (2017) o Hierrezuelo y Molina (2021) respecto a la forma más adecuada para enfrentar y debatir sobre las ideas previas de los alumnos, haré uso de algunas metodologías activas donde el alumno adquiere un rol activo en su aprendizaje de forma social y significativa, como puntualizan Bernal y Martínez (2009). Entre ellas, me centraré en el aprendizaje cooperativo, el aprendizaje basado en problemas (ABP), el estudio de casos y las técnicas de predecir-observar-explicar (POE) con la pretensión de que los alumnos participen, se relacionen y alcancen los objetivos definidos anteriormente.

Las metodologías activas no son algo reciente como podría parecer, ya Dewey en su libro *Schools of tomorrow* (Dewey y Dewey, 1962) planteaba un aprendizaje abierto y centrado en el alumno siguiendo unos pasos parecidos a los usados en ABP (Muntaner, Pinya y Mut, 2020). El problema radica en el continuismo de la escuela tradicional con lecciones magistrales en las que los estudiantes tienen nula o escasa participación. Esto puede deberse a un miedo generalizado a que estas metodologías no logren alcanzar los mismos resultados académicos que con el método tradicional. Sin embargo, ya existen diversos estudios que prueban que la aplicación de las mismas no afecta sobre dichos resultados y, en cambio, aportan unas experiencias favorables al desarrollo de otras habilidades transversales como pueden ser las relaciones interpersonales, el trabajo en grupo o la evaluación crítica, véase Moreno (2016) o Muntaner, Pinya y Mut (2020). Existen multitud de metodologías activas, como las descritas por Bernal y Martínez (2009) o las utilizadas por Robledo, Fidalgo, Arias y Álvarez (2015) en su estudio realizado con estudiantes universitarios del que se extrae la valoración positiva que éstos le dan a la aplicación de dichas metodologías. En este último artículo se describen el aprendizaje basado en problemas (ABP), el método de casos (CAS), el método de expertos (EXP), el método de estudio compartido (ECO) y el método de estudio dirigido (EDI) y se concluye que “aquellas metodologías activas que suponen más demandas, actividad y autonomía al alumno en su proceso de aprendizaje, entre las que se erige el ABP como metodología clave, son las que tienen una mayor efectividad en el desarrollo de competencias”.

Para la planificación de la unidad didáctica sobre fuerzas, después de la evaluación inicial, partiré de la presentación de los problemas que se van a poder resolver a lo largo de las sesiones, como proponen Carrascosa, Perales, Rey y Rosa (2017). Me parece una forma idónea de adelantar los contenidos y mostrarles a los alumnos la utilidad de los conocimientos que van a adquirir, siempre desde una perspectiva atractiva para ellos. Además, según estos autores, “[u]na estructura problematizada favorece asimismo la realización de recapitulaciones para ver qué se ha avanzado y qué queda pendiente”. Estos problemas se abordarán de distintas maneras (ABP, POE, casos) pero siempre de una forma cooperativa por grupos de trabajo donde los integrantes asumirán diferentes roles que se irán alternando entre ellos: portavoz, secretario, mediador y vocales.

El aprendizaje basado en problemas (ABP) es una técnica en la que inicialmente se presenta un problema sin haber visto todavía la teoría necesaria para resolverlo. Se trata entonces de generar las hipótesis posibles que ayuden a resolverlo e identificar las necesidades de aprendizaje para recabar la información adecuada. El profesor debe facilitar el acceso a dicha información y finalmente se propone la resolución del mismo. El proceso se lleva a cabo en pequeños grupos donde sus miembros interactúan entre sí mientras que el profesor ejerce de

guía o tutor cuando la situación o el grupo lo requiera (Manzanares, 2018). Es importante llevar un registro de los avances de cada grupo y de la participación de todos sus integrantes, así como realizar una temporalización adecuada que no suponga una pérdida de motivación para algunos alumnos o no permita cubrir los objetivos planteados inicialmente.

“En el ABP, el aprendizaje resulta fundamentalmente de la colaboración y la cooperación” (Morales y Landa, 2004). Supone también un entrenamiento de habilidades metacognitivas y la cooperación entre pares ayuda a trabajar en la Zona de Desarrollo Próximo definida por Vigotsky (1978). Habiendo estudiado la asignatura de Habilidades del Pensamiento del Máster, este punto me parece de especial relevancia. No solo debemos cubrir los contenidos contemplados en el currículo, es interesante que a su vez diseñemos actividades que ayuden a desarrollar los pensamientos divergente y metacognitivo. El pensamiento convergente ya se aborda constantemente con el sistema educativo actual, es necesario que los alumnos exploren otras formas de manejar el pensamiento con enfoques más creativos o de pensamiento lateral y reflexiones sobre la forma en que manejan sus habilidades cognitivas, qué estrategias utilizan o qué capacidades poseen.

También las técnicas de predecir-observar-explicar tienen un “enorme potencial metacognitivo, dado que con ellas no se busca tanto el falsar las ideas de los alumnos como incidir en sus ideas sobre el aprendizaje de la ciencia y sobre la naturaleza del conocimiento científico” (Campanario, 2000). Sí que hay que tener en cuenta las ideas previas de los estudiantes para que éstos no dirijan su observación únicamente a aquellos hechos que las confirmen o que sean irrelevantes para la comprensión del fenómeno mostrado. Previa a la observación, es muy importante la fase de predicción ya que ayuda a confrontar dichas ideas previas y obliga a analizar los esquemas mentales adquiridos con anterioridad pudiendo ser modificados conscientemente. “Estos experimentos son útiles siempre y cuando no se limiten a una mera demostración y explicación posterior por parte del profesor. La condición indispensable para que sean provechosos es hacer pensar sobre las experiencias” (Corominas, 2013). En algunos de ellos será necesario recabar datos para poder elaborar hipótesis que permitan explicar el fenómeno o clasificar la información que se posee y la que se necesita de manera similar a la fase intermedia utilizada en ABP. Estas técnicas son de gran utilidad tanto para los alumnos como para el profesor ya que los primeros contextualizan los conceptos teóricos sobre una base empírica y el docente gana en conocimiento sobre los esquemas mentales de sus estudiantes (Bella, Velázquez y Segarra, 2017).

El estudio de casos es similar al ABP salvo que en el primero la información se recibe previamente y el problema se presenta estructurado. Este método es muy útil para evaluar la capacidad de aplicación y de síntesis (Murillo, 2007). Tras haber trabajado determinadas problemáticas con otras metodologías se puede ampliar el ámbito de aplicación de dichas problemáticas a través de planteamientos similares en distintos contextos. De este modo se puede comprobar si los conceptos subyacentes en los problemas resueltos mediante ABP se han adquirido correctamente y los alumnos son capaces de extrapolarlos a otras situaciones.

Por último, al utilizar metodologías activas, la evaluación no puede limitarse a valorar únicamente los contenidos académicos sino que debe contemplar también aquellos aprendizajes adquiridos durante todo el proceso (Medina y Verdejo, 2020). También es importante hacer partícipes a los alumnos de dicha evaluación, lo que supondrá un refuerzo en el desarrollo de habilidades metacognitivas, y se deben incluir instrumentos diversos para recopilar información suficiente durante todo el proceso de aprendizaje. Citando a Martínez (2018): “Los alumnos deben de tener la posibilidad de evaluarse a sí mismos, a sus compañeros, al tutor, al proceso de trabajo del grupo y sus resultados”.

Como vimos en *Innovación e investigación educativa en física y química*, existen distintas modalidades de evaluación y, entre los instrumentos descritos por Martínez (2018) para evaluar el aprendizaje basado en problemas, en esta propuesta didáctica he seleccionado aquellos que me han parecido relevantes para recopilar la información necesaria conforme se irán desarrollando las sesiones con las distintas actividades. Estos son: portafolios (cuadernos de trabajo), evaluación del compañero, autoevaluación y evaluación al tutor (incluida la metodología). Además, he considerado también una evaluación formativa, realizada por el profesor en determinadas actividades, con una serie de ítems a tener en cuenta y que valoran la actitud, la participación y la evolución de los estudiantes.

E. Actividades

Contexto de aula y participantes

Para el grupo de alumnos al que va dirigida la propuesta tomaré como referencia aquel en el que impartí clase durante el Practicum II, es decir, 2º ESO D del IES La azucarera. Este grupo estaba formado por 20 alumnos de los cuales 7 eran chicas y 13 chicos. Entre estos últimos había 3 repetidores y no había ningún alumno con necesidad de adaptación curricular. Sí que existían diferencias notables en cuanto al nivel académico de algunos de ellos, tanto por arriba como por abajo, lo que supuso prestar atención a determinados alumnos en el desarrollo de las clases. Creo que en este sentido la distribución de alumnos del centro está bien organizada, mezclando alumnos de itinerarios bilingüe y no bilingüe para que haya heterogeneidad en los mismos. La asignatura de Física y Química en este nivel se imparte en español.

Por mi parte, al inicio de curso distribuiré a los alumnos por grupos de 5 que se irán modificando para cada unidad didáctica. En esta unidad sobre las fuerzas consideraré que de los 4 grupos que conforman los 20 alumnos, uno estará formado por 5 chicos, otro por 3 chicas y 2 chicos y los dos últimos por 2 chicas y 3 chicos. Los alumnos repetidores junto a otro alumno con mayores dificultades que el resto de sus compañeros se distribuirán uno por grupo y otros dos alumnos con tendencia a despistarse entre ellos también estarían separados. Estos grupos de trabajo los mantendré durante todas las actividades si bien algunos de los documentos que deberán rellenar lo harán de forma individual.

En cada grupo se asumirán los papeles de portavoz, secretario, mediador y vocales, los cuales irán rotando en cada sesión de las 14 que he considerado que tendrá la unidad didáctica, las mismas de las que dispuse en el Practicum II. El portavoz será el encargado de comunicarse con el profesor según las decisiones o dudas planteadas por el grupo, el secretario tomará nota de todos los acuerdos del grupo y aquellas anotaciones relevantes para la resolución de los distintos problemas en el portafolio de equipo, el mediador procurará que sus compañeros mantengan la calma y se entiendan entre ellos y los vocales simplemente realizarán sus aportaciones al grupo y tomarán notas en sus cuadernos de trabajo, como el resto de compañeros.

Esta metodología de aprendizaje cooperativo se sobreentiende que ya estará interiorizada por los alumnos, conocedores de que los cuadernos de trabajo serán el instrumento de evaluación principal, a los que deberán dedicar esfuerzo y presentar sus conclusiones de manera clara y ordenada. La disposición de las mesas por grupo será con cuatro de ellas enfrentadas y una de cabecera con los alumnos formando una U con su lado abierto enfocado hacia la pizarra. Si en otras materias utilizan otra disposición más clásica, se les instruirá al comienzo del curso para que se encarguen de estos cambios en los descansos entre clases.

Resumen de actividades

En la *Tabla 3* se recogen todas las actividades que se van a explicar a la seguida, con la distribución temporal de cada una, los materiales necesarios para realizarlas y los objetivos principales que se pretende cubrir en ellas.

ACTIVIDAD	TEMPORALIZACIÓN	RECURSOS	OBJETIVOS
1. ¡Tenéis problemas!	20 min. Evaluación inicial 20 min. Debate 10 min. Teoría	Proyector y PPT.	Determinar ideas previas y generar curiosidad.
2. Newton y Galileo	25 min. Técnicas POE 20 min. Teoría 5 min. Evaluación	Proyector y PPT, carro, dinamómetros, garrafas, rampa y canica.	Asociar fuerza con aceleración.
3. Gravemente acelerados	45 min. Técnicas POE 5 min. Evaluación	Libro, pluma, báscula, dinamómetros, pesos, regla, martillo y goma.	Estudiar caída libre, equilibrio, peso y masa.
4. ¡Al límite!	25 min. Técnicas POE 20 min. Teoría 5 min. Evaluación	Proyector y PPT, cuerdas, cubeta y carro sin ruedas.	Aprender fuerza normal, rozamiento y velocidad límite.
5. Escaladores (3 sesiones)	50 min. Teoría 90 min. Estudio de casos 10 min. Evaluación	Proyector y PPT, cuerdas de escalada, mosquetones, arneses, poleas, carro, báscula y garrafas.	Entender transformaciones de fuerza y movimiento en sistemas de poleas.
6. Tirachinas adaptado (2 sesiones)	90 min. ABP 10 min. Evaluación	Tirachinas, gomas, metros de costura, garrafas y dinamómetros.	Deducir necesidades de aprendizaje y entender ley de Hooke.
7. Loading...	30 min. Teoría 10 min. Vídeos 10 min. Demostración	Proyector y PPT, globos, papel, guantes de lana, tubo PVC y tiras plástico.	Asimilar el concepto de carga eléctrica y su fenomenología.
8. "Me atraes, pero es que eres bipolar"	35 min. Teoría 15 min. Experimentación	Tubo transparente, imanes, limaduras, destornillador, magnetizador y tornillos.	Analizar la fuerza magnética y su origen microscópico.
9. "Y si nos juntamos..."	35 min. ABP 10 min. Teoría 5 min. Evaluación	PPT, pila AA, pila 9V, cables, clavos, clips, imanes y muelles de cobre.	Aprender los conceptos de inducción eléctrica e inducción magnética.
10. Mirando al cielo (2 sesiones)	40 min. Teoría 10 min. Demostración 50 min. Práctica y ABP	Proyector y PPT y aula de informática.	Estudiar la fuerza gravitatoria y escalas astronómicas.

Tabla 3. Resumen de actividades

Como se puede comprobar, se dedicarán 14 sesiones para cubrir toda la unidad didáctica. Los recursos materiales enumerados son los que utilizaría realmente ya que tengo acceso a todos ellos.

Actividad 1. ¡Tenéis problemas!

Objetivos

Determinar el punto de partida sobre el que adaptar las distintas actividades según las ideas previas que muestren los alumnos. Generar expectación ante los contenidos a tratar y debatir sobre la interpretación de las distintas fuerzas presentes en la naturaleza.

Contenidos

Definición de fuerza y sus efectos sobre los cuerpos. Definición de vector y carácter vectorial de las fuerzas.

Temporalización y recursos

Esta actividad se realizará en una sesión dividida en tres partes: 20 minutos para la evaluación inicial, 20 minutos para introducir los problemas a resolver en esta unidad didáctica y debatir sobre distintas imágenes y 10 minutos para explicar los conceptos de fuerza y vector. Será necesario confeccionar una presentación de PowerPoint (PPT) y el uso del proyector y la pizarra.

Metodología y desarrollo

En primer lugar se pasará el cuestionario de evaluación inicial diseñado en el apartado B. Tras recoger dicho cuestionario se plantearán cuatro problemas que los alumnos serán capaces de resolver conforme reciban o soliciten determinados conocimientos a lo largo de la unidad didáctica, los cuáles se presentarían de la siguiente manera:

- *¿Cuánto peso creéis que podéis levantar? ¿Y si os dijera que sois capaces de levantar 100 kg? ¿A alguno se le ocurre cómo podríais hacerlo? Dentro de unos días veréis que podéis diseñar sistemas con los que levantar a tres compañeros a la vez.*
- *Vamos a hacer un tirachinas. ¿Qué materiales utilizaríais? ¿Y qué gomas creéis que serán las mejores? Si os quisierais hacer el tirachinas que mejor se adaptara a vuestra constitución, ¿qué características tendríais en cuenta? Id pensándolas, que un día de éstos aprenderemos a elegir el mejor material para la goma.*
- *¿Puede una pila viajar por dentro de un muelle? Me refiero a que si metemos una pila en un muelle, ¿se mueve o se queda quieta? Ya veremos qué pasa.*
- *Ahora a ver qué tal vais de astronomía. ¿A qué distancia de la Tierra está Marte? Si algún día podemos viajar hasta ahí, ¿cuánto tardaríamos en llegar con la velocidad que alcanzan las sondas espaciales ahora? Bueno, si os interesa ya podéis ir buscando la información o también podéis esperar a que utilicemos un simulador astronómico que manejaremos en el aula de informática. Son unos cálculos muy fáciles, ya lo veréis.*

Posteriormente se proyectarán distintas imágenes, como las mostradas en la *Figura 2* o similares, para plantear una serie de preguntas. A modo de ejemplo, éstas podrían ser:

¿Por qué caen los rayos en las tormentas?

Un paracaidista, ¿se acelera constantemente?

¿Qué materiales atraen los imanes? ¿Hay materiales que puedan repeler?

¿Qué efectos producen las fuerzas?



Figura 2. Presentación PPT utilizada en el Practicum II

Finalmente se explicarían los efectos que puede producir una fuerza, su carácter vectorial y la forma de representar su acción sobre un cuerpo.

Evaluación

En esta primera sesión no se calificaría ninguna de las fases pero sí se evaluarían las ideas previas de los alumnos mediante el cuestionario y las reflexiones expuestas en el debate planteado, las cuales debería anotar el profesor tras la clase si observara que reflejan otros esquemas de razonamiento no contemplados en la evaluación inicial.

Actividad 2. Newton y Galileo

Objetivos

Entender la relación entre fuerza y cambio de movimiento, introducir el Newton como unidad para esta magnitud y experimentar la aceleración de un cuerpo cuando se le aplica una fuerza constante.

Contenidos

2ª ley de Newton y sumatorios de fuerzas.

Temporalización y recursos

Se dedicará una sesión de 50 minutos en la que será necesario llevar al aula un carro, dinamómetros, dos garrafas de agua que actuarán como pesos, una rampa con cascabeles preparada por el profesor y una canica. Los primeros 25 minutos se dedicarán a experimentar, los 20 minutos siguientes serán de explicación teórica por parte del profesor con la ayuda de PPT y los 5 últimos para rellenar un cuestionario de co-evaluación.

Metodología y desarrollo

En esta segunda sesión se utilizarán las técnicas POE para una serie de fenómenos a contemplar por los alumnos y otros con los que puedan interactuar.

Siguiendo las indicaciones de Wörner (2012), se puede crear un experimento parecido al utilizado por Galileo (ver *Figura 3*) para demostrar el movimiento rectilíneo uniformemente acelerado (MRUA) sobre un plano inclinado según la ley de los números impares para las distancias recorridas en tiempos iguales (ver *Figura 4*), equivalente a “que las distancias totales recorridas, partiendo del reposo, son proporcionales a los cuadrados de los tiempos”.



Figura 3. Plano inclinado con “campanelle” (Museo Galileo, Florencia)

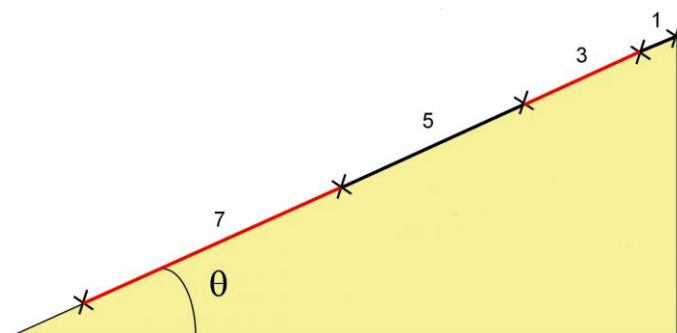


Figura 4. Relación de distancias recorridas en un MRUA para tiempos iguales

El mismo tipo de rampa se puede construir con una cantonera de las utilizadas para proteger las esquinas de las paredes y unos cascabeles o, como se describe en el artículo de Wörner (2012), unos tornillos insertados en el suelo de la rampa por los que al pasar la canica se produzca un sonido. Situando los cascabeles en posiciones equidistantes se podrá escuchar

que el sonido no sigue un patrón rítmico mientras que al ponerlos siguiendo la ley de los números impares esto sí que ocurre, demostrando que la canica se acelera constantemente.

Otro experimento, basado en uno presentado por un compañero del Máster y que me pareció de suma utilidad, sería el de empujar un carro con una fuerza constante. Si se anclan dos dinamómetros al asa del carro y se empuja éste tirando de los dinamómetros hacia delante con una fuerza constante se deberá andar cada vez más rápido para mantener la fuerza constante. Se vuelve a demostrar así la aceleración de un cuerpo al aplicar una fuerza. Además, aquí se puede jugar con los valores de la fuerza aplicada solicitando que los dinamómetros marquen constantemente un valor determinado y con la masa del objeto si añadimos peso al carro.

Serán los grupos de alumnos los encargados de realizar los experimentos siguiendo un orden marcado por el profesor pero previamente se les pedirá que realicen las predicciones oportunas para las siguientes preguntas:

En la rampa hay unas marcas equidistantes y otras que cada vez están más separadas. Si tiramos una canica, ¿en qué marcas situarías los cascabeles para que se oiga un sonido rítmico conforme la canica los vaya golpeando?

Vamos a empujar el carro con unos dinamómetros que marcan la fuerza que hacemos en Newtons, que son las unidades usadas para medir fuerzas. Si empujamos con una fuerza constante, ¿cómo avanzará el carro?, ¿siempre a la misma velocidad o cada vez más rápido?

Si le añadimos peso al carro, ¿qué pasará?, ¿y si aplicamos el doble de fuerza?

En esta sesión, los alumnos ejercerán sus roles dentro del grupo y al final de la sesión se reservarán 5 minutos para rellenar unos cuestionarios de co-evaluación sobre las funciones desempeñadas por cada miembro del grupo. A los vocales también se les debe exigir un comportamiento adecuado y sus compañeros les evaluarán igualmente. En los *Anexos* se presenta un modelo de cuestionario de este tipo.

Tras las experiencias y las anotaciones oportunas para explicar lo que se ha observado, el profesor introducirá la 2ª ley de Newton con la definición de Newtons como unidades de masa por unidades de aceleración. Se puntualizarán los efectos de aumentar o disminuir la fuerza, la masa o la aceleración dejando las otras dos variables fijas y se remarcará la equivalencia entre N/kg y m/s^2 indicando que la aceleración se puede determinar con la fuerza dividida entre la masa y también utilizando la definición de lo que es un Newton.

Evaluación

Como se ha comentado antes, se realizará una co-evaluación entre los alumnos. El profesor a su vez tomará notas de la participación de los estudiantes y su comportamiento interpersonal, sin calificación numérica pero contribuyendo a la evaluación final si es necesario.

Actividad 3. Gravemente acelerados

Objetivos

Comprobar la caída de cuerpos de distinta masa, estudiar sistemas en equilibrio y establecer la diferencia entre peso y masa.

Contenidos

Peso y masa, equilibrio dinámico y aceleración de gravedad.

Temporalización y recursos

Esta sesión se dedicará íntegramente a la experimentación de distintos fenómenos. Los materiales necesarios serán un libro y una pluma, dinámómetros, báscula y objetos con distintas masas, una regla, un martillo y una goma. También se hará uso del proyector para visualizar algún vídeo. Se reservarán los últimos 5 minutos de clase para rellenar cuestionarios de co-evaluación y evaluación de la actividad (ver *Anexos*).

Metodología y desarrollo

Al igual que en la sesión anterior, se aplicarían técnicas POE y se empezaría la parte práctica con el libro y la pluma. Las preguntas sobre las que realizar predicciones serían:

¿Qué llegará antes al suelo, el libro o la pluma? ¿Por qué?

¿Y si ponemos la pluma debajo del libro?

¿Y si la ponemos encima?

Tras dejarles un tiempo para que escriban las explicaciones correspondientes a los fenómenos observados, se les enseñaría el vídeo que muestra una pluma y una bola de bolos cayendo en una cámara de vacío (<https://www.youtube.com/watch?v=xzkgJUBS2tM>) y se explicaría lo que sucede al no haber fuerza de rozamiento, la cual se verá en la siguiente actividad.

El siguiente experimento a observar sería el de la regla y el martillo (ver *Figura 5*). En un principio se situaría la regla sobre una mesa asomando por el borde menos de la mitad de la misma, luego se iría desplazando hasta que asomará más de la mitad y caerá. Se repetiría el experimento con el martillo sobre la regla, primero con la cabeza del martillo sobre la mesa y luego sobre la parte de la regla que asoma por el borde. Por último, se sujetaría el martillo con una goma a la regla y se seguiría el proceso inverso, primero la cabeza del martillo se situaría en el extremo de la regla que asoma por el borde de la mesa y luego en el otro extremo pero por debajo de la mesa, como se observa en la *Figura 5*. Además, se terminaría esta parte de la actividad mostrando un vídeo sobre equilibrios para distintos sistemas de objetos (https://www.youtube.com/watch?v=qAjrt_qHMGc&t=310s).



Figura 5. Equilibrio con regla y martillo

Por último, se emplearía el aprendizaje basado en problemas con las básculas y los dinamómetros (uno de cada por grupo) y se les preguntaría a los alumnos por qué podemos medir un mismo objeto en unidades diferentes. Cuando dedujeran que no es lo mismo la fuerza del objeto sobre el dinamómetro que la masa medida en la báscula y que la primera va asociada con la 2º ley de Newton, se les pediría que comprobaran si la relación entre ambas es la misma con distintos objetos y que indicaran qué magnitud representaba dicha relación. Las instrucciones para seguir la metodología ABP deberían ser claras y el profesor ejercería de guía sin dar ninguna respuesta a no ser que viera que el tiempo de clase se agotaba sin terminar la actividad. Al final de la sesión deberían quedar claros los conceptos de peso, masa y aceleración de gravedad. Tras esta experiencia se evaluarían los roles de los miembros de cada grupo y el aprendizaje obtenido con la actividad.

Evaluación

Aparte de los cuestionarios de co-evaluación y evaluación de la actividad, el profesor realizaría una evaluación formativa con valoraciones entre 1 y 5 mediante una tabla con el listado de alumnos por filas y los siguientes ítems por columnas:

1. *Participa activamente en las reflexiones grupales.*
2. *Desempeña adecuadamente su rol dentro del grupo.*
3. *Comprende que el tiempo de caída de un objeto no depende de su masa.*
4. *Es capaz de dibujar un esquema de fuerzas para un sistema en equilibrio.*
5. *Deduca la aceleración de la gravedad con una báscula y un dinamómetro.*

Actividad 4. ¡Al límite!

Objetivos

Aprender los conceptos de fuerza de rozamiento y velocidad límite en caída libre. Analizar la fuerza normal como la fuerza de reacción de una superficie.

Contenidos

Fuerza de rozamiento, fuerza normal y 3ª ley de Newton.

Temporalización y recursos

Se seguirá una temporalización similar a la seguida en la actividad 2, es decir, 25 minutos de experimentación, 20 minutos de teoría y 5 minutos de co-evaluación. Los recursos empleados serán el proyector, presentación de PPT, dos cuerdas, una cubeta y un carro sin ruedas.

Metodología y desarrollo

Se volverán a utilizar las técnicas POE solicitando a los alumnos que dibujen los esquemas de fuerzas de los sistemas observados. Las predicciones en este caso resultarán más sencillas ya que se trata de fenómenos a los que los alumnos están habituados. La dificultad radica en analizar todas las fuerzas que actúan en cada sistema.

La utilidad del carro sin ruedas es que sean los ejes de las ruedas los que apoyen en el suelo y ofrezcan menor superficie de contacto. En primer lugar se estirará del carro y de la cubeta con una cuerda, primero de uno y luego de la otra, sin peso sobre ellos. Se repetirán estas acciones con un alumno encima de ambos. Luego se fijarán cuerdas a los extremos opuestos del carro y de la cubeta y por un lado estirará un alumno y por el otro dos de ellos, sin peso sobre los

transportes y posteriormente con el peso de un alumno encima. Todas estas combinaciones servirán para asociar fuerza de rozamiento con peso y superficie de contacto. Se podrá observar la dificultad que existe al tirar dos alumnos de la cubeta con un alumno encima y otro estirando desde el otro lado.

La siguiente parte de experimentación se realizará con el simulador de *Phet Interactive Simulations* sobre fuerzas y movimiento utilizando la sección dedicada a la fricción (https://phet.colorado.edu/sims/html/forces-and-motion-basics/latest/forces-and-motion-basics_es.html). Utilizando los distintos ajustes del mismo, antes de mostrarles a los alumnos lo que ocurre con determinadas configuraciones, se les pedirá que respondan a las siguientes preguntas:

Si empujamos una caja pero ésta no se mueve, ¿existe fuerza de rozamiento?

Si tras haberla empujado se sigue moviendo, ¿sigue actuando la fuerza de rozamiento?

¿Qué ocurrirá si colocamos objetos pesados encima de la caja?

Si consideramos que entre el suelo y la caja no hay fricción, ¿qué pasará?

Todas estas preguntas deberán contestarlas en sus cuadernos de trabajo antes y después de observar lo que ocurre al aplicar el profesor las distintas configuraciones en el simulador. También deberán dibujar las fuerzas que interactúan en el sistema y al final se aprovechará esta simulación para explicar la razón por la que la fuerza de rozamiento aumenta con el peso, introduciendo así la fuerza normal y cómo incluirla en los esquemas de fuerzas sobre un sistema. También se definirá la 3ª ley de Newton y sus consecuencias.

Tras esta fase se procederá a debatir los matices que se considere que no han sido entendidos por el grupo con ayuda de la presentación PPT. Se explicará también el efecto del rozamiento del aire visto en la actividad anterior para la caída libre de dos objetos de distinta masa y se introducirá el concepto de velocidad límite tras el que se proyectarán dos vídeos sobre paracaidismo (https://www.youtube.com/watch?v=UrSJ_uWrQDw) y salto base desde una montaña con wingsuits (<https://www.youtube.com/watch?v=10byeZV5jcc>).

Evaluación

Se volverá a co-evaluar a los compañeros de grupo y el profesor tomará notas de participación y comportamiento.

Actividad 5. Escaladores

Objetivos

Entender las transformaciones de fuerza y movimiento en sistemas de poleas. Consolidar los conocimientos sobre carácter vectorial y sumatorios de fuerzas.

Contenidos

Poleas, equilibrio dinámico, peso y masa.

Temporalización y recursos

Para esta actividad serán necesarias 3 sesiones de 50 minutos, 2 de ellas deberán ser agrupadas en una sola coordinándose con el profesor de alguna de las materias que impartan

clase antes o después en el día correspondiente. La primera sesión estará dedicada a estudiar distintos sistemas de poleas y su acción sobre los cuerpos anclados a sus extremos mediante una presentación PPT. La sesión doble posterior será de experimentación y se necesitarán cuerdas de escalada, arneses, mosquetones, poleas, carro, báscula y garrafas grandes rellenas de agua y/o arena.

Metodología y desarrollo

Se seguirá el método del estudio de casos en el que la información teórica se recibe previamente y los problemas a resolver se presentan estructurados.

En la primera sesión se explicará la forma en la que se reparte la fuerza por toda la cuerda y cómo, dependiendo de los puntos de apoyo (poleas o puntos fijos) con los que cuente el sistema, se puede multiplicar dicha fuerza mientras se reduce la distancia que se eleva la masa en el otro extremo. Se les presentarán a su vez los esquemas de fuerzas necesarios para que sepan dibujarlos posteriormente en la sesión práctica, similares al de la *Figura 6*.

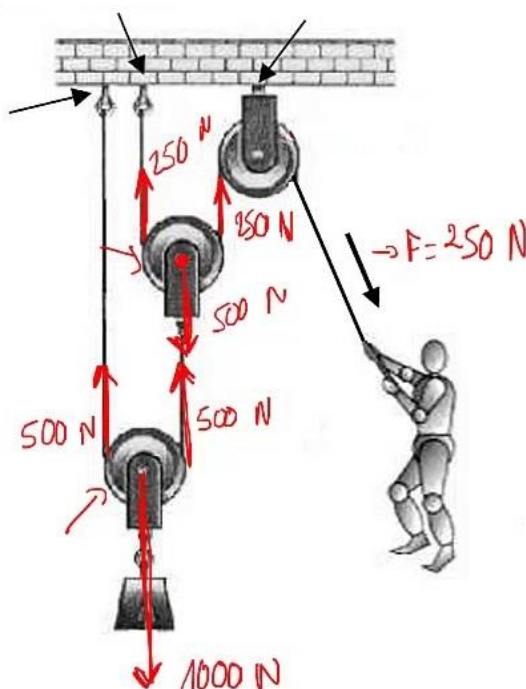


Figura 6. Esquema de fuerzas interactuantes en un sistema de poleas

La sesión doble para experimentar con diferentes sistemas de poleas se realizaría en el patio o en el polideportivo, con una barra o una viga donde realizar los anclajes superiores y bancos de madera o barras con pesos encima para los anclajes inferiores. Estos últimos serían necesarios para limitar el recorrido de las cuerdas y evitar caídas o accidentes con los pesos que se colgaran de las mismas. Los montajes analizados por los alumnos serían los mostrados en el vídeo de elaboración propia que utilicé en el Practicum para enseñarles cómo aprovechar las fuerzas en un contexto real (<https://www.youtube.com/watch?v=GW7JbO7fTu4&t=30s>), en este caso, el de la escalada deportiva. Estos mismos montajes son parecidos a los mostrados en la *Figura 7* y, además, se utilizaría otro enfocado a confrontar la idea previa de que solo se puede mover una masa con otra que sea mayor, con el sistema de poleas mostrado en la *Figura 8* colgando un peso menor al situado sobre el carro que se desplazaría horizontalmente por el suelo. Este último se utilizará como técnica POE como en las actividades descritas anteriormente.

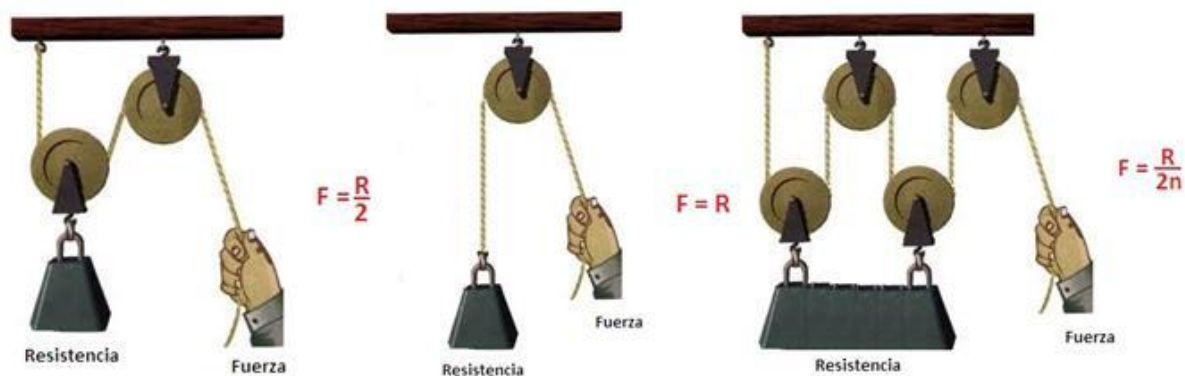


Figura 7. Ejemplos de sistemas de poleas



Figura 8. Elementos para el montaje de un peso tirando de un carro

Por el método de casos, los estudiantes deberán analizar los distintos montajes pudiendo colgarse de ellos mediante los arneses o colgar garrafas en distintos puntos de anclaje sobre la cuerda habilitados con mosquetones. Las masas se determinarán con la báscula y el profesor habrá preparado previamente 4 problemas a resolver. Para cada uno de ellos, colgando un cuerpo de masa determinada de un extremo de la cuerda se solicitará que calculen qué masa será necesaria colocar en el otro extremo para que el cuerpo se eleve. Luego se comprobarán los cálculos que haya realizado cada grupo experimentando con el montaje correspondiente. Por último, se planteará un problema en el que se suministrarán 6 poleas por grupo y se limitarán a 4 los puntos de anclaje superiores, pidiéndoles que dibujen una configuración para poder levantar una masa de 100 kg con el peso de uno de ellos. Los 100 kg se podrán formar colgándose 2 o 3 alumnos del extremo a levantar, como se propuso al inicio de la unidad.

Evaluación

En los últimos 10 minutos de la doble sesión práctica se les suministrará a los alumnos los cuestionarios de co-evaluación y evaluación de la actividad. El profesor realizará una evaluación formativa sobre cada alumno con los siguientes ítems:

1. *Respetar el material y a sus compañeros y seguir las instrucciones de seguridad.*
2. *Asimilar que una masa menor puede mover a otra mayor según la dirección de la interacción.*
3. *Dibujar las fuerzas de acción y reacción entre cuerpos y cuerdas.*
4. *Comprender la relación de fuerzas para los distintos montajes.*
5. *Entender el concepto de rendimiento dependiente de la fuerza de rozamiento.*

Actividad 6. Tirachinas adaptado

Objetivos

Determinar las necesidades de aprendizaje para comprender las características de un material elástico. Aprender a medir fuerzas y elongaciones de muelles y gomas y representar las medidas tomadas sobre una gráfica trazando la recta cuya pendiente define la constante elástica.

Contenidos

Ley de Hooke y sumatorios de fuerzas.

Temporalización y recursos

La actividad se realizará en dos sesiones para permitir a los alumnos que deduzcan los pasos necesarios para resolver el problema planteado. Los materiales de los que dispondrán serán un soporte para tirachinas por grupo, diferentes tipos de gomas, dinamómetros, metros de costura y garrafas de distintos pesos.

Metodología y desarrollo

Mediante ABP, se les planteará inicialmente el problema comentado en la actividad 1: cómo fabricarían un tirachinas que se adaptara a su constitución para que éste tuviera la máxima potencia. De entrada se encontrarán un poco perdidos pero deberán anotar las preguntas que consideren oportunas para realizarle al profesor debatiendo sobre ellas en grupo. Cuando tengan estas preguntas preparadas, el profesor irá guiando la actividad pasándoles información en unas hojas preparadas para tal fin sobre la ley de Hooke con la definición de constante elástica. Dejándoles que sigan reflexionando o planteándoles preguntas que les ayuden a deducir cómo calcular una constante elástica con una simple medida de elongación y fuerza podrán empezar a usar dinamómetros y gomas. Si no, se les puede explicar cómo determinar la constante elástica del muelle del dinamómetro para que les sirva de ejemplo.

Se les invitará a que hagan las pruebas que deseen con el soporte para tirachinas y las distintas gomas procurando que se den cuenta de que la fuerza que tienen que hacer es el doble de la calculada para una goma simple ya que en un tirachinas está doblada por la mitad. Se les pedirá a su vez que anoten las variables que han tenido en cuenta para decidirse por una goma u otra, la lógica utilizada debería ser que la goma fuera lo más rígida posible permitiendo una extensión máxima desde la mano hasta el hombro, aunque pueden ser válidos otros criterios. Con los metros de costura pueden medir la elongación de la goma y también la longitud del brazo del alumno que tomen de referencia. La fuerza que es capaz de realizar dicho alumno se podría estimar con el peso en garrafas que es capaz de levantar con un solo brazo. Esta determinación de la fuerza es opcional ya que simplemente pueden decidir hacer pruebas de estiramiento con las gomas y decantarse por la de mayor rigidez con la máxima elongación.

Por último, tras haber construido los tirachinas, se les pedirá que tomen varias medidas de fuerza y elongación con la goma elegida y que las representen sobre los ejes de coordenadas. En el Practicum, este tipo de actividad ya se había realizado anteriormente en la parte de cinemática para representar posición, velocidad y aceleración en función del tiempo para el movimiento uniforme y el movimiento uniformemente acelerado. La dificultad vendrá dada por la representación de la recta que une los puntos de las medidas tomadas ya que habrá un margen de error que deberán tener en cuenta. Tras obtenerla, se les explicará cómo calcular la pendiente para ver si coincide con la constante elástica calculada el día anterior con una sola medida.

En el Practicum organicé una actividad similar (ver *Figura 9*) en la que simplemente se calculaban las constantes elásticas del dinamómetro y dos gomas distintas y después se dibujaba la gráfica correspondiente a varias medidas sobre una misma goma. Creo que adaptar dicha actividad a la construcción de un tirachinas sería más llamativo para los alumnos y reservaría dos sesiones porque una sería poco tiempo para dejarles deducir los conocimientos que necesitan preguntar. En la propuesta didáctica no he contemplado utilizar el simulador sobre la ley de Hooke de *Phet Interactive Simulations* que utilicé en las prácticas pero siempre es un recurso valioso que se puede usar para afianzar conceptos (https://phet.colorado.edu/sims/html/hookes-law/latest/hookes-law_es.html).



Figura 9. Actividad sobre la ley de Hooke del Practicum II

Evaluación

Al final de la segunda sesión se pasarían los cuestionarios de co-evaluación y evaluación de la actividad como en otras actividades. El profesor realizaría una evaluación formativa con los siguientes ítems por alumno:

1. *Propone dudas y deducciones fundamentadas guardando el respeto por las ideas de sus compañeros y defendiendo su criterio de manera asertiva.*
2. *Acepta críticas y rectifica cuando el grupo está en desacuerdo con sus ideas.*
3. *Comprende las características elásticas de un material en función del valor de su constante de elasticidad.*
4. *Maneja la ley de Hooke con soltura en un contexto experimental.*
5. *Representa gráficamente las medidas tomadas durante la actividad de una manera adecuada.*

Actividad 7. Loading...

Objetivos

Asimilar el concepto de carga eléctrica y los fenómenos asociados a las interacciones entre cargas. Conocer el funcionamiento de la corriente eléctrica y cómo se desplazan los electrones por un material conductor.

Contenidos

Carga y fuerza eléctrica.

Temporalización y recursos

La sesión se dividirá en tres partes: 30 minutos de explicación teórica, 10 minutos de proyección de vídeos y 10 minutos de demostraciones por parte del profesor. Para ello es necesario llevar al aula globos, trozos de papel, guantes de lana, un tubo de PVC y una “araña de plástico” (tiras de plástico unidas con un hilo).

Metodología y desarrollo

En esta actividad no se seguirá ninguna metodología concreta. Durante la primera parte de la sesión se introducirá el concepto de carga eléctrica mediante el modelo atómico de Rutherford, basándome en las recomendaciones de Caamaño (2018) que puntualiza que “[e]l objetivo de los *modelos escolares* que tratan de ser una adaptación simplificada de los *modelos científicos* es hacer comprensibles una serie de fenómenos”. En este artículo se proponen los modelos que se pueden usar en cada nivel y el modelo de Rutherford, donde “[l]os electrones se mueven en órbitas de diferente orientación, y solo hay un electrón en cada una de ellas”, es suficiente para explicar las cargas positivas y negativas mediante electrones libres y cationes.

Tras explicarles a los alumnos que la fuerza eléctrica es directamente proporcional al valor de las cargas, disminuye con la distancia, su dirección es la línea que une los centros de las cargas y su sentido es atractivo o repulsivo cuando son de distinto signo o del mismo signo, respectivamente, se les presentará la corriente eléctrica como la transmisión de energía mediante choques entre electrones. Se remarcará que los electrones se desplazan por un material conductor muy lentamente ($v_e < 1 \text{ mm/s}$) debido a estos choques y se puede mostrar posteriormente este concepto con un péndulo de Newton o con varias canicas en contacto sobre una cantonera.

También se les enseñará la electrización por frotamiento, contacto e inducción y en la segunda parte de la sesión se proyectarán dos vídeos sobre la fabricación de un generador de Van der Graaf (<https://www.youtube.com/watch?v=QjJokl2ucAg>) y una aplicación llamativa de las bobinas Tesla (<https://www.youtube.com/watch?v=bbLshnfu0wY>).

Por último, el profesor realizará unas demostraciones de electrostática con globos y papeles y hará flotar una “araña de plástico” como se muestra en la *Figura 10*, lo cual sorprende bastante a los estudiantes y también se les puede dejar que lo hagan ellos mismos.



Figura 10. Demostración sobre electrostática

Evaluación

En esta actividad no se realizará evaluación alguna, salvo que haya algún comportamiento extraordinario que haya que anotar y pueda tener consecuencias en la evaluación final.

Actividad 8. “Me atraes, pero es que eres bipolar”

Objetivos

Estudiar el origen microscópico de los materiales magnéticos. Analizar la fuerza magnética y visualizar las líneas del campo alrededor de un imán. Considerar la importancia del campo magnético terrestre y sus consecuencias.

Contenidos

Imanes, fuerza y campo magnético.

Temporalización y recursos

Se utilizará una sesión en la que los primeros 35 minutos se emplearán para explicar la teoría y los últimos 15 para observar la acción de la fuerza magnética. Harán falta distintos tipos de imanes, un tubo transparente, limaduras, un destornillador, un magnetizador y tornillos.

Metodología y desarrollo

Al igual que en la actividad anterior, no se utilizará una metodología activa sino que se tratará de una clase magistral con una demostración final con la que podrán interactuar los alumnos. Se presentará un modelo microscópico de partículas con momentos magnéticos orientados y se les hablará de materiales ferromagnéticos. Se puede proyectar el vídeo de una rana

levitando (<https://www.youtube.com/watch?v=KlJsVgc0ywM&t=6s>) mediante un campo magnético muy elevado debido a su comportamiento paramagnético, aunque no es necesario profundizar en los distintos tipos de propiedades magnéticas y se podría omitir. A continuación se presentarían los imanes como cuerpos con magnetismo permanente y polos indivisibles, los cuales vienen determinados por la orientación de los momentos magnéticos de las partículas que los componen. Se les hablaría de atracción y repulsión y se les presentarían esquemas de campo magnético con las líneas de fuerza para estas interacciones y se asociaría con las del campo eléctrico para las fuerzas entre dos cargas. Por último, se explicaría el campo magnético terrestre y la protección que ofrece contra la radiación solar, el desplazamiento de los polos magnéticos respecto a los geográficos, cómo se generan las auroras y se desplazan las aves migratorias con biomagnetismo o cómo se puede medir con magnetómetros en satélites. Todos éstos son datos curiosos que no deben aprenderse pero que pueden servir para que retengan la utilidad que tiene.

La segunda parte de la sesión será una demostración de los distintos conceptos aprendidos en la teoría. En primer lugar, con el tubo transparente en posición vertical se pueden introducir imanes con distintas orientaciones para ver cómo se atraen o levitan si se enfrentan polos iguales. Otro montaje útil es el mostrado en la *Figura 11*, en el que se colocaron imanes en los extremos del tubo y, poniendo un tope en uno de sus extremos para que no pierda el equilibrio, se puede hacer que éste quede suspendido en el aire. Existen además en algunas tiendas de suministros industriales magnetizadores que permiten imantar y desimantar las puntas de los destornilladores para poder atornillar en lugares de difícil acceso donde no se puede sujetar el tornillo con otra mano. Por último, consiguiendo limaduras de hierro se puede mostrarles a los alumnos las líneas de fuerza del campo magnético colocándolas sobre un papel y moviendo un imán por debajo. Se puede permitir a los estudiantes que interactúen con todos estos elementos para que sientan la repulsión y atracción entre imanes u observen las líneas del campo moviendo ellos los imanes (ver *Figura 12*). Como curiosidad, en el Practicum además les puse un vídeo de elaboración propia de unas limaduras “bailando” al ritmo de la música (<https://www.youtube.com/watch?v=LuzVRZNwM84>).



Figura 11. Montaje para dejar suspendido en el aire un tubo con imanes en sus extremos



Figura 11. Demostración de las líneas del campo magnético en torno a un imán

Evaluación

Tampoco en esta sesión se evaluará el aprendizaje de los alumnos ya que se dejará para la siguiente actividad.

Actividad 9. “Y si nos juntamos...”

Objetivos

Deducir la relación entre electricidad y magnetismo y sus posibles aplicaciones. Aprender los conceptos de inducción eléctrica e inducción magnética.

Contenidos

Electromagnetismo.

Temporalización y recursos

Se dividirá la sesión en tres partes: 35 minutos de experimentación y deducción, 10 minutos de explicación por parte del profesor y 5 minutos de evaluación. Los recursos necesarios por grupo serán: pila AA, pila de 9V, cable, clavo, clips, imanes de neodimio y muelle de cobre.

Metodología y desarrollo

Se utilizará la metodología ABP empezando por dejarles sobre la mesa la pila de 9V, un cable de cobre, un clavo y algunos clips ferromagnéticos. El primer problema a resolver será crear un imán con estos elementos, como el de la *Figura 12*, y conforme vayan descubriendo como montarlo se les irá preguntado por qué creen que el clavo, que en principio no atraía los clips, se vuelve magnético al hacerle circular una corriente alrededor. Luego se les explicará lo que es la inducción magnética y que el proceso se puede invertir y conseguir una inducción eléctrica.

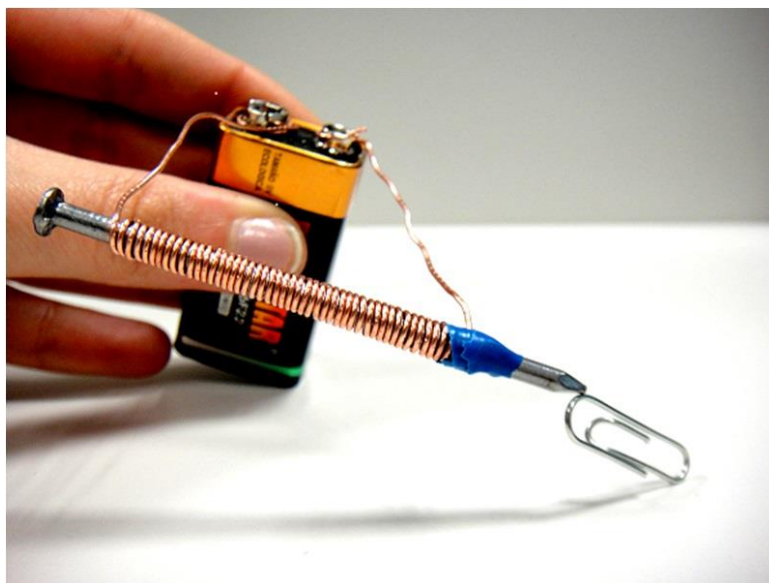


Figura 12. Construcción de un electroimán casero

El segundo problema, con la pila AA, el muelle de cobre y los imanes de neodimio (4 por grupo), será construir un “tren” electromagnético como el que mostré a mis alumnos del Practicum y que grabé posteriormente en un vídeo casero, ya que en la demostración de clase la pila avanzaba muy lentamente (https://www.youtube.com/watch?v=S3Npyq9Yu_s). Este experimento es muy interesante porque se dan a la vez inducción magnética y eléctrica y su funcionamiento depende de la orientación de los imanes colocados en los polos de la pila y el sentido de giro de las espiras del muelle de cobre.

Después de que los alumnos hayan completado los esquemas correspondientes y se hayan anotado las explicaciones pertinentes para entender los fenómenos observados en los dos problemas, el profesor dedicará 10 minutos para mostrar distintas aplicaciones del electromagnetismo en contextos reales como pueden ser los electroimanes en desguaces, turbinas y alternadores para generación de energía eléctrica en centrales hidroeléctricas o transformadores y baterías usados para cargar dispositivos móviles. También se puede proyectar un vídeo muy llamativo sobre un tirachinas gigante en el que se usa un electroimán y que engloba diversos conocimientos tratados en esta unidad didáctica (<https://www.youtube.com/watch?v=pAWRxolujUw>). Al final se realizarán las respectivas evaluaciones entre compañeros y de la actividad en los últimos 5 minutos de clase.

Evaluación

La evaluación consistirá en los cuestionarios habituales de co-evaluación y evaluación de la actividad más la evaluación formativa realizada por el profesor que durante la sesión irá preguntando por los conocimientos vistos en las dos sesiones anteriores, que en este caso atenderá a los siguientes ítems:

1. *Participa en las deducciones del grupo con respeto y asertividad.*
2. *Conoce las interacciones entre cargas eléctricas y su origen, además de la utilidad de la corriente eléctrica en la vida cotidiana.*
3. *Entiende el concepto de magnetización de materiales ferromagnéticos y sus aplicaciones.*
4. *Aplica los conocimientos previos en las actividades prácticas desarrolladas en clase.*
5. *Asimila los conceptos de inducción eléctrica e inducción magnética.*

Actividad 10. Mirando al cielo

Objetivos

Estudiar los efectos de la fuerza gravitatoria y situarla como una de las fuerzas elementales. Conocer las distancias y escalas astronómicas del Sistema Solar y aprender a calcular relaciones volumétricas y temporales entre distintos cuerpos celestes.

Contenidos

Fuerza gravitatoria, astronomía, geometría y cinemática.

Temporalización y recursos

Se emplearán dos sesiones de 50 minutos. La primera se dividirá en dos partes: 40 minutos de teoría sobre fuerza gravitatoria y astronomía con una presentación PPT y 10 minutos de explicación del simulador *Solar System Scope* en el proyector. La segunda se realizará en el aula de informática y se trabajará el cálculo de tamaños, distancias y tiempos empleados para recorrerlas. Ésta se dividirá en dos partes: 30 minutos de cálculos con el simulador y 20 minutos de trabajo en grupo para resolver un problema.

Metodología y desarrollo

La primera sesión será una clase magistral con demostración del manejo de un simulador astronómico (<https://www.solarsystemscope.com/>) y en la segunda se aplicará ABP para resolver el problema planteado en la actividad 1 en el que se pide calcular el tiempo necesario para recorrer la distancia entre la Tierra y Marte a una velocidad determinada por la velocidad actual que pueden alcanzar las sondas enviadas al espacio actualmente.

Los contenidos tratados en teoría serán: una pequeña explicación sobre las leyes de Kepler y la ley de gravitación universal de Newton, sin incidir demasiado en ellas, una comparación con la fuerza eléctrica entre cargas, la relación masa-peso en distintos cuerpos celestes y sus aceleraciones de gravedad, explicación de las estaciones y la órbita casi circular de la Tierra en torno al Sol y las posibles trayectorias de un cometa que pase cerca del Sol o de un planeta, incluyendo la captura del mismo por el campo gravitatorio en una órbita elíptica.

En la demostración con el simulador *Solar System Scope* se les enseñará a los alumnos a medir distancias y diámetros de cuerpos celestes con la cuadrícula habilitada en el mismo, además de los menús desplegables de los que extraer información útil. Se les explicará también la relación volumétrica entre cuerpos celestes a partir de sus radios o diámetros, es decir, $(R/r)^3$.

En la segunda sesión en el aula de informática, cada alumno contará con un ordenador para realizar los siguientes cálculos definidos en un guión de trabajo:

1. *Mide la distancia entre la Tierra y la Luna.*
2. *¿Cuántas veces más grande es el diámetro de la Tierra que el de la Luna?*
3. *Mide la equivalencia en kilómetros de una unidad astronómica (distancia entre el Sol y la Tierra).*
4. *¿Cuántas veces más grande es el Sol que la Tierra en volumen?*
5. *¿Cuántas unidades astronómicas tiene un año-luz?*

Luego deberán indagar en internet para calcular el tiempo que tardaría una nave tripulada en llegar a Marte. Surgirán varias dudas en el proceso y se les permitirá hacer los cálculos como ellos consideren oportuno siempre que estén justificados. En el caso de que no haya avance en

las pesquisas se les indicará que pueden considerar la distancia entre la Tierra y Marte como aquella que sea directa entre las órbitas de los dos planetas, es decir, la resta de distancias al Sol de ambos. La velocidad de referencia que pueden escoger es la de cualquiera de las sondas enviadas al espacio profundo o a otros planetas y que en el caso de la sonda Juno enviada a Júpiter fue de unos 200000 km/h.

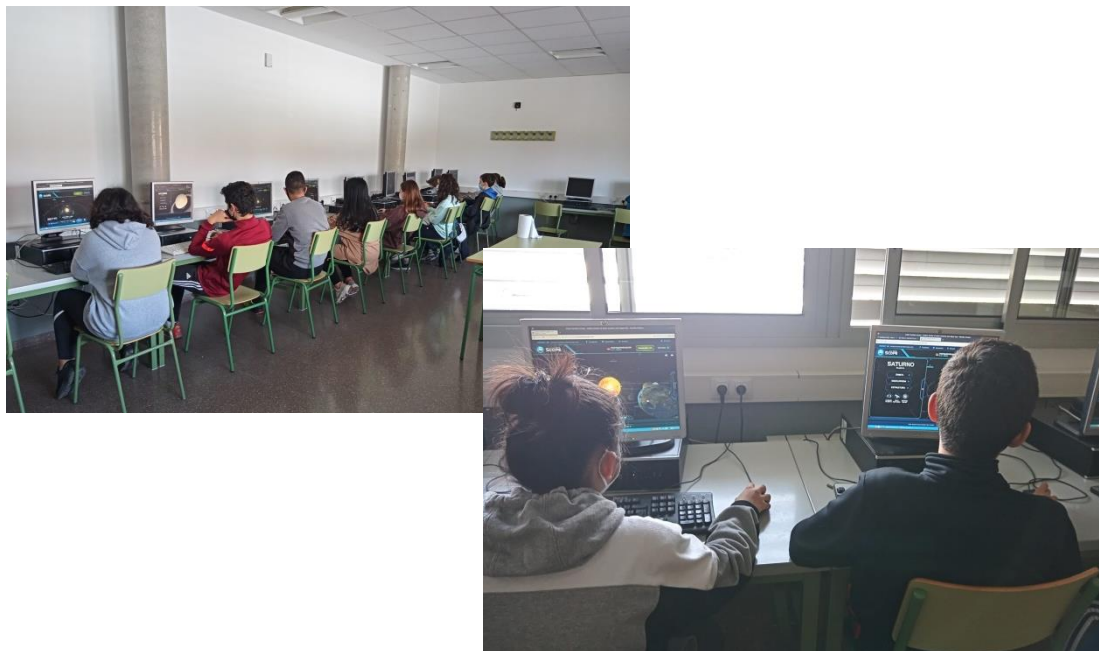


Figura 13. Alumnos manejando el simulador *Solar System Scope*

Aunque en el Practicum se hizo uso de este simulador, el trabajo a realizar por los alumnos fue una indagación sobre cierta información para tres cuerpos celestes a su elección de manera individual. En la *Figura 13* se muestra la sesión desarrollada en el aula de informática y en la *Figura 14* algunas producciones realizadas por los alumnos.



Figura 14. Muestra de algunos trabajos elaborados por los alumnos

Evaluación

Se evaluarán los informes entregados por los alumnos al final de la segunda sesión, en los que se habrán respondido a las cuestiones planteadas en el guión. El problema se recogerá en el cuaderno de grupo que se calificará en la evaluación final. Además, el profesor realizará una evaluación formativa con los siguientes ítems:

1. *Maneja las distintas herramientas del simulador con soltura.*
2. *Sabe consultar los datos relevantes para resolver las cuestiones del guión.*
3. *Participa activamente en su grupo y asume las funciones del rol asignado.*
4. *Consulta fuentes de información fiables o contrasta datos en diversas fuentes.*
5. *Justifica los cálculos realizados para resolver el problema planteado.*

F. Análisis de los resultados de aprendizaje

Como la propuesta que se ha llevado a cabo en este trabajo ha sido una adaptación de las actividades realizadas durante el Practicum y, en éste, la evaluación estaba dictada por la programación didáctica del Departamento de Física y Química, se va a proponer un modelo de evaluación más acorde con la filosofía que he pretendido transmitir en ella.

No soy partidario de los exámenes en los que hay que memorizar una serie de ecuaciones y procesos de resolución de problemas que rara vez se asientan en la memoria a largo plazo de los estudiantes. Creo que las vivencias sorprendentes o que generan determinadas emociones son las que realmente tienen mayores posibilidades de instalarse en los recuerdos y que el tipo de evaluación que refleja verdaderamente el aprendizaje adquirido es aquel que tiene en cuenta el esfuerzo diario y las condiciones personales de cada alumno a lo largo de este recorrido. Una prueba puntual no puede reflejar todo un proceso evolutivo y está condicionada por las circunstancias del momento en el que se realiza. Cuantos más datos se puedan recabar en distintos momentos del desarrollo de un alumno más ecuánime será la nota media que éste obtenga en la evaluación final.

En los apartados de evaluación de las distintas actividades se han omitido voluntariamente los criterios de calificación para resumirlos en esta sección. Cada uno de los cuestionarios de co-evaluación rellenos por los alumnos se valorará con notas del 1 al 5, correspondientes a los valores del 0 al 10 a intervalos de 2,5 puntos, es decir, el 1 supone un 0 en la escala de 0 a 10, el 2 supone un 2,5 y así sucesivamente. Lo mismo ocurre con las evaluaciones formativas realizadas por el profesor y las evaluaciones de las actividades, sirviendo estas últimas de feedback para el profesor con la finalidad de mejorar en futuras aplicaciones de estas actividades. El resto de la evaluación corresponderá a la corrección de los cuadernos de trabajo individuales y de cada grupo.

De este modo, la evaluación final de un alumno vendrá dada por los siguientes porcentajes:

- 20%, *co-evaluación de sus compañeros*
- 20%, *evaluación formativa del profesor*
- 20%, *evaluación del cuaderno de trabajo del grupo*
- 40%, *evaluación del cuaderno de trabajo del alumno*

Como se puede cotejar en los distintos ítems descritos en las evaluaciones de las actividades y en los cuestionarios de ejemplo compartidos en los *Anexos*, se ha tenido muy en cuenta la capacidad de cooperación y el desarrollo de habilidades para relacionarse con los compañeros.

Haciendo referencia a los [objetivos](#) planteados al principio, se han tenido en cuenta durante el desarrollo de las distintas actividades tanto los criterios de evaluación recogidos en el currículo como los objetivos de etapa y los específicos diseñados para esta propuesta didáctica. En la *Tabla 4* se recogen aquellos criterios y objetivos trabajados en cada una de las actividades.

ACT.	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	OBJETIVOS DE ETAPA	OBJETIVOS ESPECÍFICOS
1	4.1. y 4.12.		O1, O2, O3, O4 Y O5
2	4.1.	1, 3, 4 y 6	O1, O2, O3, O5, O6 y O7
3	4.1. y 4.6.	1, 3, 4 y 6	O1, O2, O3, O4, O5, O6 y O7
4	4.1. y 4.5.	1, 3, 4 y 6	O1, O2, O3, O4, O5 y O7
5	4.1., 4.4. y 4.6.	1, 3, 4 y 6	O1, O2, O3, O4, O5, O6 y O7
6	4.1.	1, 3, 4 y 6	O1, O2, O4, O5, O6 y O7
7	4.8., 4.9. y 4.12.	4	O4 y O5
8	4.10., 4.11. y 4.12.	4	O4 y O5
9	4.1., 4.9., 4.10., 4.11. y 4.12.	1, 3, 4 y 6	O1, O2, O4, O5 y O7
10	4.1., 4.6., 4.7. y 4.12.	1, 5 y 6	O1, O2, O4, O6 y O7

Tabla 4. Criterios de evaluación y objetivos de las actividades

Los resultados de aprendizaje creo que se verán plasmados fielmente en los cuadernos de trabajo individuales y colectivos. La valoración entre iguales y por parte del profesor durante el proceso de aprendizaje tienen una doble función: por un lado aportan la sensación real de evaluación continua y por otro hacen a los alumnos partícipes de su propia evaluación. La evaluación de las actividades y la co-evaluación además suponen un ejercicio metacognitivo importante y el enfoque dado a la propuesta creo que trabaja de manera adecuada el pensamiento divergente, con tareas para desarrollar el pensamiento lateral al no existir una única solución o camino para llegar a ella.

G. Análisis crítico de la propuesta didáctica y propuestas de mejora

Esta propuesta ha sido diseñada según una visión personal sobre cómo enfocaría el proceso educativo para alumnos de Secundaria. En Bachillerato sería más difícil no ajustarse a las evaluaciones sumativas que determinan el futuro académico de los estudiantes. Lamentablemente se deben seguir unos criterios excluyentes para que solo los alumnos con mejores aptitudes en determinadas áreas sean los que accedan a algunos de los estudios superiores ofertados. Creo que no se tienen en cuenta otras habilidades que a mi parecer son tan importantes o más que aquellas asociadas al pensamiento convergente.

Seguramente a la propuesta le ha faltado una visión más realista del contexto que puedo encontrarme en la mayoría de centros de Secundaria pero aun así, ciñéndome al currículo, intentaré adaptar mis clases y mi forma de evaluar a algo similar a lo que he expuesto en este trabajo. Todo es mejorable, las actividades aquí mostradas necesitan una reflexión más profunda sobre la forma de abordar determinados contenidos y sobre la fiabilidad del aprendizaje adquirido con ellas. Es imposible explicar en tan pocas páginas todas las variables que uno baraja cuando piensa en llevar a cabo una de ellas pero he intentado plasmar la esencia de las mismas de manera clara y concisa. La falta de experiencia y el exiguo conocimiento que tengo respecto a la etapa del desarrollo en la que se encuentran los adolescentes son los que limitan en parte el éxito de la propuesta. Creo que si me intereso por su situación y sus intereses desde un principio, esto será más fácil y me podré adaptar mejor para encontrar la manera de que aprendan significativamente.

Una de las partes más importantes de la educación debería ser la evaluación de la docencia. Los profesores tendríamos que saber encajar las críticas y adaptar nuestra metodología en base a ellas para buscar alternativas de enseñanza que motiven a los alumnos. Es posible que a la propuesta le haya faltado alguna evaluación más sobre las distintas actividades o, mejor aún, un debate final con los alumnos o cuestionario anónimo que permita al profesor conocer la opinión de los mismos. Si además éste les sugiere posteriormente a los estudiantes determinados cambios teniendo en cuenta sus opiniones, la relación profesor-alumno se verá reforzada con la consecuente motivación del grupo.

La organización temporal de las actividades ha sido completamente subjetiva. Para algunas me he basado en la experiencia vivida en el Practicum al enseñar determinados conceptos pero, en general, no sé hasta qué punto estarán bien ajustadas a las sesiones que he considerado adecuadas. Tampoco cuento con ningún tipo de formación en cuanto a metodologías activas y, aunque creo que les he dado un enfoque cercano a cómo habría que aplicarlas, debería buscar el asesoramiento de otros docentes que trabajen con ellas y puedan sugerirme modificaciones que optimicen su aprovechamiento.

Por otro lado, no se han tenido en cuenta los ajustes necesarios para cubrir aspectos de atención a la diversidad por haber tomado como referencia el grupo de alumnos con los que trabajé en el Practicum entre los que no había ninguna adaptación curricular. De todas formas, creo que tal y como está diseñada la propuesta, con unas pequeñas modificaciones se podrían arreglar las actividades para adaptarlas a las necesidades de distintos tipos de alumnado.

Sobre todo, lo que hace falta es llevar las actividades a cabo y contar con el feedback de los alumnos y la evaluación por parte del profesor. Así se verá si han sido realmente productivas y los alumnos han adquirido los conocimientos necesarios para avanzar en su formación académica. Conforme se vayan empleando se podrá determinar si son válidas o no, modificando aquellas que funcionen pero necesiten algún ajuste y suprimiendo las que no aporten un aprendizaje real sobre los objetivos para los que están diseñadas.

IV. CONSIDERACIONES FINALES

Es posible que la aplicación de esta propuesta se pudiera encontrar con cierta oposición en algunos de los centros de Secundaria donde trabaje en un futuro. A día de hoy, generalmente se suele seguir con la misma trayectoria basada en clases magistrales y exámenes globales que viví durante mi formación académica ya hace bastantes años. En las programaciones de los Departamentos de los centros se siguen marcando como norma este tipo de evaluaciones, como ya me imaginaba y pude comprobar en el Practicum. No digo que los docentes del IES La Azucarera tengan un carácter continuista ni mucho menos, lo que creo es que se ven atados de pies y manos cuando hay que seguir una burocracia excesiva y rendir cuentas ante la Administración y las familias, que cada vez son más exigentes y se agarran a leyes que creo que cierran la puerta a metodologías innovadoras y centradas en los alumnos. Me parece que, en este sentido, es necesario un cambio importante en el enfoque didáctico que se le debe dar a las distintas etapas del sistema educativo actual.

En todas las asignaturas del Máster, creo que sin excepción, se nos ha transmitido una visión similar a la que defiendo, promulgando la continua adaptación de los docentes a las conclusiones alcanzadas en estudios e investigaciones realizados sobre didáctica, psicología u otros ámbitos relacionados con la educación. Es imprescindible estar informado, tener una actitud de mejora y formarse continuamente pero sobre todo hay que tener empatía y capacidad de transmitir a los alumnos valores sociales imprescindibles para la convivencia. El

respeto, la tolerancia, la igualdad, la solidaridad,... Estas características definen una sociedad pacífica que busca la felicidad de todos sus ciudadanos, debemos procurar formar parte también de este ámbito de la educación y no recluirnos únicamente en el aspecto académico. Por eso se deben utilizar cada vez más metodologías como el aprendizaje cooperativo y evaluarlas adecuadamente e incluirlas como es debido en la evaluación global.

Es en este trabajo donde mejor he desarrollado mi percepción sobre el uso de metodologías activas. Gracias a la formación recibida en distintas asignaturas del Máster, como *Procesos y contextos educativos*, o a los trabajos realizados en otras, como *Diseño de actividades de aprendizaje de física y química*, he podido indagar sobre las investigaciones correspondientes a la didáctica de las ciencias que abogan por un cambio en la metodología tradicional. Aquí he realizado la reflexión más detenida de cómo las utilizaría en el aula y eso me ha supuesto un gran esfuerzo y un aprendizaje metacognitivo en el que he podido analizar mis carencias y mis fortalezas en cuanto a lo que yo creo que debe ser un docente. Algo parecido me ocurrió en el Practicum II, al que fui con la convicción de que debía demostrar mi valía para esta profesión. Ser docente implica vocación, sin duda, pero también es necesario tener unas habilidades muy concretas y un carácter especial. Hay que tener habilidades oratorias, de empatía, de respeto y de control del aula, todas ellas imprescindibles a mi modo de ver. Tenía claro entonces que, si al enfrentarme con un grupo de alumnos mi sensación no era satisfactoria o no disfrutaba con mi trabajo, no debía continuar este camino por muchas ganas que tuviera de formar parte del sistema educativo y cambiar algunos aspectos del mismo para ayudar a los alumnos a los que diera clase en un futuro.

También en el Practicum he tenido la gran suerte de conocer a docentes verdaderamente implicados en la divulgación de la ciencia y con una vocación admirable, empezando por mi tutor, Diego Fortea, que ha enfocado mis prácticas de la mejor manera posible. Ya en el Practicum I pude acompañarle a algunas sesiones como oyente y programó su temporalización para que nada más volver al Practicum II pudiera dedicarme todo el tiempo a dar clase en dos cursos diferentes. También he recibido su apoyo y consejos en todo momento y la información relevante del funcionamiento del centro y de las instituciones. Además, en el aula actuó exclusivamente de oyente sin intervenir nunca para permitirme establecer una relación directa con los alumnos que a día de hoy sigo atesorando con gran cariño. En el Departamento de Física y Química se encontraban otros cuatro profesores de distintos bagajes profesionales que compartieron su experiencia y me facilitaron información muy valiosa sobre esta profesión. El jefe de Departamento, José Luis Cebollada, fue especialmente amable y me fue mostrando durante el periodo de prácticas una multitud de proyectos que ha llevado a cabo con los alumnos.

Por último, decir que estoy muy satisfecho con la formación recibida en materias que nunca había estudiado, como *Psicología del desarrollo y de la educación* o *Habilidades del pensamiento*, pero sobre todo con aquellas asociadas a mis conocimientos y que me han dado un enfoque divulgativo y didáctico que en todos los años que llevo estudiando ciencias no había podido desarrollar. Estos profesores son los que han sentado las bases del funcionamiento que pretendo seguir durante mi carrera profesional, informándome constantemente a través de las investigaciones realizadas en didáctica de las ciencias, adaptando mis clases en base a éstas, innovando de manera fundamentada, compartiendo con otros docentes experiencias y proyectos,... No sé cómo será el aprendizaje que al principio les pueda transmitir a mis alumnos, lo que sí sé es que terminaré siendo un buen profesor gracias a estos criterios.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ausubel, D.P. (1976). *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.
- Baro, A. (2011). Metodologías activas y aprendizaje por descubrimiento. *Innovación y experiencias educativas*, 40, 1-11.
- Bella, P.D., Velázquez, V.M. y Segarra, M.P. (2017). Uso de módulos experimentales para fomentar un aprendizaje significativo en la materia de Física. *Latin American Journal of Science Education*, 4, 1-7.
- Bernal, M.C. y Martínez, M.S. (2009). Metodologías activas para la enseñanza y el aprendizaje. *Revista Panamericana de Pedagogía*, 14, 101-106.
- Bolaños, E.J. y Giraldo, L.M. (2015). La concepción del movimiento “segunda ley de Newton” desde una perspectiva histórica-epistemológica: ideas previas de los estudiantes y sus implicaciones en la formación de docentes. *Revista Colombiana de Matemática Educativa*, 1(1), 496-501.
- Caamaño, A. (2018). Los modelos atómicos escolares ¿Recreación de los modelos históricos o creación de modelos propios? *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales*, 93, 7-17.
- Campanario, J. M. (2000). El desarrollo de la metacognición en el aprendizaje de las ciencias: estrategias para el profesor y actividades orientadas al alumno. *Enseñanza de las ciencias*, 18(3), 369-380.
- Carrascosa, J., Perales, E., Rey, A. y Rosa, S. (2017). La enseñanza de las fuerzas. Dificultades y orientaciones en educación secundaria. *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales*, 89, 7-13.
- Corominas, J. (2013). Actividades experimentales POE en la enseñanza de la química y de la física. *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales*, 74, 69-75.
- Dewey, J. y Dewey, E. (1962). *Schools of tomorrow*. New York: Dutton.
- Puerto, S. y Seminara, S. (2011). Cambio conceptual y trabajo cooperativo: una experiencia en el aula de matemática. *Premisa*, 50, 38-48.
- Flores, S., Cuellar, C., González, M.D., Ramírez, O., Cruz, M.A. y Aguirre, V. (2017). Problemas de entendimiento conceptual con las operaciones entre vectores. *Latin-American Journal of Physics Education*, 11(4), 1-5.
- Flores, S., González, M.D., Alfaro, L.L., Hernández, A.A., Barrón, J.V. y Chávez, J.E. (2015). Uso de vectores en su propio contexto. Parte I. *Cultura Científica Y Tecnológica*, 26, 17-25.
- Herrera, D. (2008). *Ideas previas sobre el concepto de fuerza*. [Tesis Doctoral] Instituto Politécnico Nacional. Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, México D.F.
- Hierrezuelo, J. y Molina, E. (2021). La influencia de las ideas previas en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Un ejemplo: La formación del concepto de fuerza en 2° de BUP. *Investigación En La Escuela*, 2(4), 49-57.

- Manzanares, A. (2018). Sobre el aprendizaje basado en problemas. En Escribano A. y del Valle, A. (Coords.), *El aprendizaje basado en problemas. Una propuesta metodológica en Educación Superior*, 14-23. Madrid: Narcea.
- Martínez, A. (2018). Evaluación. Modalidades y procesos. En Escribano A. y del Valle, A. (Coords.), *El aprendizaje basado en problemas. Una propuesta metodológica en Educación Superior*, 104-120. Madrid: Narcea.
- Medina, M.R. y Verdejo, A.L. (2020). Validez y confiabilidad en la evaluación del aprendizaje mediante las metodologías activas. *ALTERIDAD. Revista de Educación*, 15(2), 270-284.
- Monroy, F. y Orozco, S. (2017). Técnicas de aprendizaje colaborativo en el laboratorio de bachillerato para el aprendizaje de cantidades físicas vectoriales. *Latin-American Journal of Science Education*, 4, 1-11.
- Mora, C. y Herrera, D. (2009). Una revisión sobre ideas previas del concepto de fuerza. *Latin-American Journal of Physics Education*, 3(1), 72-86.
- Morales, P. y Landa, V. (2004). Aprendizaje basado en problemas. *Theoria*, 13, 145-157.
- Moreno, J.F. (2016). Caminando hacia el ABP: una adaptación de la metodología ABP en secundaria. *Aula de secundaria*, 16, 19-23.
- Muntaner, J.J., Pinya, C. y Mut, B. (2020). El impacto de las metodologías activas en los resultados académicos: un estudio de casos. *Profesorado. Revista de currículum y formación del profesorado*, 4(1), 96-114.
- Murillo, P. (2007). Nuevas formas de trabajar en la clase: metodologías activas y colaborativas. En Planas, L.A. y Sebarroja, J.C. (Eds.), *El desarrollo de competencias docentes en la formación del profesorado*, 129-154. Madrid: Ministerio de Educación.
- Robledo, P., Fidalgo, R., Arias, O. y Álvarez, L. (2015). Percepción de los estudiantes sobre el desarrollo de competencias a través de diferentes metodologías activas. *Revista de Investigación Educativa*, 33(2), 369-383.
- Vygotsky, L.S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge: Harvard University Press.
- Wörner, C.H. (2012). Simplemente: el plano inclinado. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 34(2), 1-5.

VI. ANEXOS

a. Ejemplo de cuestionario de co-evaluación

Evalúa a tus compañeros y también tu desempeño dentro del grupo según los roles que habéis interpretado en la actividad. Pon notas del 1 al 5 según las siguientes correspondencias:

1 – Muy mal 2 – Mal 3 – Normal 4 – Bien 5 – Muy bien

	Portavoz	Secretario	Mediador	Vocal 1	Vocal 2
1. Ejerce las funciones del rol asignado de una manera adecuada.					
2. Participa en los debates del grupo mostrando respeto y amabilidad.					
3. Aporta ideas mediante argumentación y sin tratar de imponerlas.					
4. Acepta las decisiones del grupo reflejando sus desacuerdos cortesmente.					
5. Entiende la materia y lo demuestra de una forma razonada y precisa.					

b. Ejemplo de cuestionario de evaluación de la docencia

Evalúa los diferentes aspectos de la actividad siguiendo tu propio criterio. Pon notas del 1 al 5 según las siguientes correspondencias:

1 – Nada 2 – Muy poco 3 – Más o menos 4 – Algo 5 – Mucho

	Nota
1. La actividad fomenta el interés por los contenidos tratados.	
2. Somos capaces de deducir los pasos a seguir hasta llegar a la solución.	
3. El profesor anima al grupo y nos ayuda a avanzar.	
4. Mis compañeros me apoyan y me hacen sentir parte del grupo.	
5. Me gustaría repetir esta actividad u otra del mismo tipo en el futuro.	

Escribe tu opinión personal sobre la actividad y/o cómo la mejorarías:

c. Webgrafía

- AP Archive (21 de julio de 2015). NETHERLANDS: BRITISH & DUTCH SCIENTISTS MAKE FROG FLOAT IN MID-AIR. *Youtube* [Vídeo]. Recuperado el 14 de junio de 2020 de: <https://www.youtube.com/watch?v=KIJsVqc0ywM&t=6s>
- Brandon Mikesell (12 de agosto de 2014). What Is Your Greatest Fear? - Wingsuit Proximity - Dying to Live 3 (Yuna and Adventure Club). *Youtube* [Vídeo]. Recuperado el 14 de junio de 2020 de: <https://www.youtube.com/watch?v=10byeZV5jcc>
- clasesamida (9 de enero de 2018). TRUCOS LOCOS DE EQUILIBRIOS. Equilibrios increíbles con tenedores y palillos. *Youtube* [Vídeo]. Recuperado el 14 de junio de 2020 de: https://www.youtube.com/watch?v=qAirt_qHMGc&t=310s
- Educación Portal (23 de mayo de 2019). Vídeo 360 - Caída libre. *Youtube* [Vídeo]. Recuperado el 14 de junio de 2020 de: https://www.youtube.com/watch?v=UrSJ_uWrQDw
- Eric Goodchild (12 de diciembre de 2011). "Sweet Home Alabama" - Musical Tesla Coils. *Youtube* [Vídeo]. Recuperado el 14 de junio de 2020 de: <https://www.youtube.com/watch?v=bbLshnfu0wY>
- Homosapiens (13 de marzo de 2019). ¿Qué cae primero al suelo, una pluma o una bola de bolos? *Youtube* [Vídeo]. Recuperado el 14 de junio de 2020 de: <https://www.youtube.com/watch?v=xzkgJUBS2tM>
- HRom (sin fecha). BALLESTA TIRACHINAS GIGANTE. *Youtube* [Vídeo]. Recuperado el 14 de junio de 2020 de: <https://www.youtube.com/watch?v=pAWRxoluUw>
- HRom (sin fecha). Fabrico un GENERADOR de VAN DER GRAFF. *Youtube* [Vídeo]. Recuperado el 14 de junio de 2020 de: <https://www.youtube.com/watch?v=QjJokl2ucAg>
- INOVE (2019). *Solar System Scope*. Recuperado el 14 de junio de 2020 de: <https://www.solarsystemscope.com/>
- University of Colorado Boulder (2002). Fuerzas y movimiento: Intro. *Phet Interactive Simulations*. Recuperado el 14 de junio de 2020 de: https://phet.colorado.edu/sims/html/forces-and-motion-basics/latest/forces-and-motion-basics_es.html
- University of Colorado Boulder (2002). Ley de Hooke. *Phet Interactive Simulations*. Recuperado el 14 de junio de 2020 de: https://phet.colorado.edu/sims/html/hookes-law/latest/hookes-law_es.html
- Rubén Manero Buey (28 de marzo de 2022). Ejemplo de montaje con poleas (2º ESO). *Youtube* [Vídeo]. Recuperado el 14 de junio de 2020 de: <https://www.youtube.com/watch?v=GW7JbO7fTu4&t=30s>
- Rubén Manero Buey (19 de abril de 2022). Magnetismo con limaduras. *Youtube* [Vídeo]. Recuperado el 14 de junio de 2020 de: <https://www.youtube.com/watch?v=LuzVRZNwM84>
- Rubén Manero Buey (19 de abril de 2022). Tren electromagnético. *Youtube* [Vídeo]. Recuperado el 14 de junio de 2020 de: https://www.youtube.com/watch?v=S3Npyq9Yu_s