



UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

TRABAJO FIN DE ESTUDIOS

Título

Dos actividades para mejorar la comprensión de la 3ª Ley de Newton en alumnos de 4º de ESO.

Autor/es

JAVIER GONZÁLEZ BUENO

Director/es

MARÍA DEL MAR HERNÁNDEZ ÁLAMOS

Facultad

Escuela de Máster y Doctorado de la Universidad de La Rioja

Titulación

Máster Universitario de Profesorado, especialidad Física y Química

Departamento

AGRICULTURA Y ALIMENTACIÓN

Curso académico

2019-20



Dos actividades para mejorar la comprensión de la 3ª Ley de Newton en alumnos de 4º de ESO., de JAVIER GONZÁLEZ BUENO (publicada por la Universidad de La Rioja) se difunde bajo una Licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 Unported. Permisos que vayan más allá de lo cubierto por esta licencia pueden solicitarse a los titulares del copyright.

Trabajo de Fin de Máster

Dos actividades para mejorar la comprensión de la 3ª Ley de Newton en alumnos de 4º de ESO.

Autor

Javier González Bueno

Tutora: María del Mar Hernández Álamos

MÁSTER

Máster en Profesorado, Física y Química (M02A)

Escuela de Máster y Doctorado



**UNIVERSIDAD
DE LA RIOJA**

AÑO ACADÉMICO: 2019/2020

ÍNDICE

1. Resumen/ Abstract.....	p.3
2. Introducción y Justificación.....	p.5
3. Objetivos.....	p.7
4. Marco Teórico.....	p.9
4.1 Modelos usados para la enseñanza de la física.....	p.9
4.1.1 Modelo tradicionalista o transmisivo.....	p.9
4.1.2 Corriente pedagógica constructivista.....	p.10
4.2 Problemas de aprendizaje en la física.....	p.11
4.3 Las Leyes de Newton.....	p.13
4.3.1 Problemas en el aprendizaje de las Leyes de Newton.....	p.14
4.3.2 Ideas previas de la 3ª Ley de Newton.....	p.15
5. Estado de la cuestión.....	p.17
5.1 Modelo por descubrimiento.....	p.17
5.2 Modelo por investigación.....	p.18
5.3 La Tecnología de la Información y Comunicación (TIC) en la innovación.....	p.19
6. Desarrollo del trabajo.....	p.21
6.1 Búsqueda de ideas previas erróneas de la 3ª Ley de Newton.....	p.21
6.1.1 Análisis de datos.....	p.21
6.1.2 Resultados.....	p.22
6.2 Actividades de innovación.....	p.25
6.2.1 Inversión en la enseñanza de las Leyes de Newton.....	p.25
6.2.2 Propuesta basada en los “móviles de Newton.”	p.30
7. Discusión.....	p.39
8. Conclusiones.....	p.41
9. Referencias.....	p.43

1. RESUMEN.

La física es una asignatura que ha sido explicada mediante distintos modelos, aunque predomina un modelo tradicionalista. Debido a ello, los alumnos no aprenden lo suficiente, perdiendo la motivación en su estudio. Se ha visto que las Leyes de Newton, uno de los pilares básicos de la física en la ESO, no se comprenden completamente. Entre las tres Leyes, la 3ª ley es la que tiene una menor comprensión entre los estudiantes. La asociación a un objeto con mayor masa una mayor fuerza es la idea previa errónea más común entre los alumnos. Por ello, se han diseñado dos actividades, para mejorar su entendimiento entre el alumnado. Una actividad consiste en explicar las Leyes de Newton con un orden diferente al habitual mientras que la otra consiste en la elaboración de los “móviles de Newton”. Los alumnos mejoran el entendimiento de la 3ª ley realizando cualquiera de las dos actividades.

Palabras clave: Física, aprendizaje, Leyes de Newton, tercera ley de Newton, innovación.

ABSTRACT.

Physics is a subject which has been taught with different models, although it dominates a traditional model. Because of a traditional model, students do not learn enough physics, losing motivation in its study. It has found out that Newton's laws, which are basics in ESO's physics curriculum, are not understood by students. Between three Newton's laws, third Newton law has the worst understanding. Associating an heavy object more strength is the most common mistake of the third Newton's law done by students. For that, they have been designed two activities to improve third Newton's law understanding. One activity consists of teaching Newton's law in a different order while the other activity consists of the making "Newton's mobile". Students improve the understanding of Newton's third law doing either of the design activities.

Key words: Physics, learning, Newton's law, third Newton law, innovation.

2. INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN

La física es la asignatura que explica el funcionamiento del Universo. A priori, este tema puede llevar a la curiosidad a los alumnos e interesarse por su estudio. Sin embargo, como afirma Carpio-Chavarria (2012), la Física es una de las asignaturas en la que los alumnos tienen una mayor dificultad en su aprendizaje.

Dentro de la asignatura de física, he elegido centrarme en las Leyes de Newton. Se tiene constancia de que las Leyes de Newton son uno de los pilares de la física. Por lo tanto, aparecen en el BOR de ESO y se estudian en 4º de ESO, en la asignatura de Física y Química.

Las razones por las que he elegido realizar este trabajo acerca de las Leyes de Newton son los siguientes: la primera, porque he encontrado en artículos una falta de entendimiento en estas leyes por parte de los alumnos y, que estos fallos siguen a medida que pasan los cursos e incluso cuando se accede a la Universidad (Setyani, Cari, Suparmi y Handhika, 2017). Dentro de las Leyes de Newton, he escogido profundizar en la 3ª Ley de Newton ya que, dentro de las tres leyes, es la que menos entendimiento tiene entre los alumnos y su comprensión, lo considero vital para entender las tres Leyes. La segunda razón es porque, al empezar las prácticas en el Instituto, iba a ser el tema que tocaba empezar en física y el primero en el que podría ayudar a los alumnos.

3. OBJETIVOS

Los principales objetivos de este TFM son los siguientes:

- ✓ Encontrar los motivos por el que la física es una asignatura que no gusta a los alumnos.
- ✓ Averiguar las ideas previas erróneas que tienen los alumnos sobre la 3ª Ley de Newton.
- ✓ Proponer dos estrategias de enseñanza para trabajar la 3ª Ley de Newton en clase.

4. MARCO TEÓRICO.

4.1 Modelos usados para la enseñanza de la física.

González, T. (2020) define modelo como “la metodología compuesta de rasgos, estrategias y pautas propias que han sido diseñadas con el objetivo de orientar el proceso de aprendizaje de manera correcta.”

El uso de un modelo u otro tiene que responder siempre a la pregunta: ¿Cómo conseguir que los alumnos aprendan? (Hamed, Rivero y Martín 2016).

Adoptar un modelo u otro para la enseñanza de la física tiene repercusiones a nivel curricular, tanto en los contenidos, metodología o en la evaluación (Hamed et al., 2016).

En esta parte trataré de explicar cuáles son los modelos de enseñanza de la física que más han sido utilizados en los últimos años por los docentes.

4.1.1 Modelo tradicional o transmisivo.

Tradicionalmente, la asignatura de Física ha sido dada mediante un modelo tradicionalista o transmisivo (Carpio, 2012). En este modelo, el profesor es el eje principal del proceso enseñanza-aprendizaje. Para ello, Rodríguez, A. (2019) afirma que el docente debe dominar la materia, transmitiendo el conocimiento científico a los alumnos. Mediante este método, raramente se hacen actividades que no estén dentro del currículo (Carpio, 2012).

Durante una clase magistral, el profesor expone el conocimiento científico mediante una “clase-conferencia”, en la que el alumno es considerado un recipiente pasivo ya que, su única función es escuchar y copiar lo que dice el profesor (Carpio, 2012, Ferreira y Rodríguez, 2011, Morales, Mazzitelli, Olivera, 2015). Tras acabar la clase, el docente manda ejercicios al alumno, como trabajo individual, para reforzar la teoría impartida ese día en clase (Hamed et al., 2016).

La principal forma de evaluación es mediante un examen escrito, que se le dará una gran importancia respecto a la nota global de la asignatura. Para ello,

el alumno deberá memorizar textos, conceptos y fórmulas para afrontar con éxito el examen (Hamed et al., 2016).

4.1.2 Corriente pedagógica constructivista.

Este modelo surgió a finales de los años 80 del siglo anterior debido a que, mediante la investigación en la enseñanza de la física, se demostró que los alumnos no alcanzaban el aprendizaje deseado (Guisasola, Zuza, Sagastibeltza, 2019). En este modelo, el alumno es el principal protagonista del proceso de enseñanza-aprendizaje (López., s.f, Carpio., 2012), otorgando al profesor el papel de guía, mediador.

El conocimiento del alumno se construye a partir de las ideas previas, que son el punto inicial de la enseñanza (Fernández., 2012). Ferreira y Rodríguez (2011) afirman que las ideas previas son “Las ideas que posee un estudiante acerca de un determinado tópico, independientemente haya recibido o no la enseñanza formal, o la explicación científica por parte de un docente, acerca del mismo.”

Para ello, el profesor debe encontrar las ideas previas erróneas que puedan tener los alumnos respecto a un tema mediante diferentes estrategias o recursos (Morales et al., 2015), guiando al alumno a que consiga unas metas marcadas (Fernández., 2012). Otra tarea importante que tiene el profesor es la de generar un buen ambiente en clase ya que se facilita el aprendizaje de la física y que se pueda desarrollar este modelo de enseñanza (Pérez y Beltrán., 2014, Carpio., 2012).

El alumno, al ser el eje principal del proceso de enseñanza-aprendizaje, tendrá una mayor implicación, motivación e interés por la asignatura (López., s.f), obteniendo unos conocimientos que le valdrán no sólo para aprobar, sino para interpretar el mundo que le rodea (Morales et al., 2015).

Dentro de esta corriente pedagógica constructivista, nos encontramos el modelo por descubrimiento y el modelo por investigación.

4.2 Problemas del aprendizaje en la física.

Se han encontrado numerosos problemas relacionados con el aprendizaje de la física en los alumnos:

Morales et al., (2015) indica que un problema está relacionado con que el aprendizaje de los conceptos es difícil y abstracto. Además, Ornek, Robinson y Haugan (2008) y Setyani et al., (2017) afirman que los alumnos tienen que aprender los conceptos de diferentes formas: mediante experimentos, fórmulas y resolución de problemas, con gráficos y conceptos teóricos que deben explicar con sus propias palabras. Además, tienen que hacer transformaciones entre ellas. Por ejemplo, los estudiantes deben ser capaces de pasar de representaciones gráficas a representaciones matemáticas (Ornek et al., 2008).

La realización de problemas también puede ser un problema de aprendizaje de la física. Como indica Ferreira y Rodríguez, (2011), la resolución de problemas debe estar dirigida a aplicar los conocimientos adquiridos durante las clases teóricas. Sin embargo, el mismo Ferreira y Rodríguez, (2011) y Carpio, (2012) apuntan que, la mayoría de las ocasiones, estudiar Física se reduce a resolver problemas para los cuales, previamente se han tenido que memorizar un conjunto de fórmulas matemáticas, con lo que el aprendizaje de física es muy pequeño. De esta manera, se le da más importancia al conocimiento en matemáticas que de física, por lo que, si tienes dificultades con las matemáticas, lo tendrás también en física.

Otro gran problema del aprendizaje en física está relacionado con la forma de impartir las clases los docentes, es decir, con la metodología y con las estrategias didácticas que ellos usan (Carpio, 2012). Tradicionalmente, la física es una asignatura que, la mayoría de los docentes la sigue enseñando con metodologías transmisivas. Sin embargo, Carpio, (2012) afirma que, en numerosas investigaciones en lo que llevamos de siglo XXI, se ha llegado a la conclusión que este modelo no es válido para impartir, no sólo la asignatura de física, sino otras asignaturas de ámbito científico. Si a esto le añadimos, la opinión del premio Nobel de física, en el año 2002, Carl E. Wieman acerca de

los problemas de enseñanza y aprendizaje en la Física. Estas palabras se recogen en Carpio, (2012). Wieman afirma que “la enseñanza debería ser más científica ya que en numerosas investigaciones que se estaban haciendo, en todas ellas se llegaba a la conclusión de que los estudiantes aprenden muy poco mediante los modelos tradicionalistas”. Se puede llegar a la conclusión de que el modelo transmisivo debe ser sustituido por otros.

Sin embargo, este proceso no es tan sencillo ya que, como se recoge Carpio, (2012), a los futuros docentes se les enseña a dar clase con metodologías transmisivas. Además, Imbernón, (2019) recalca que puede predominar un pensamiento en los futuros docentes de impartir las clases de la misma manera que los docentes que tuvieron cuando cursaban la ESO. Aunque, en Hamed et al., (2016) se señala que los alumnos, tras cursar asignaturas de Pedagogía y Psicología, cambiaban sus ideas, pasando de un modelo transmisivo a un modelo más “centrado en el alumno”.

Otro problema, relacionado con el anterior, es que los profesores no conocen las dificultades que los estudiantes tienen en la física (Ornek et al., 2008, Oñorbe de Torre y Sánchez., 2016). Para ello, numerosos autores, como Zamorano, Moro, Viau y Gibbs, s.f, Acevedo, Bolívar, López y Trujillo, 1989, Ferreira y Rodríguez, 2011, Vázquez, 1990, Carpio, 2012, Villareal, Lobo, Gutierrez, ..., Díaz., (2005) mencionan en sus artículos el concepto de ideas previas de los alumnos. Si se supieran con mayor certeza las ideas previas, se podría preparar el currículo de la asignatura haciendo hincapié en los temas donde hay un menor entendimiento, para que el aprendizaje de la física sea mejor entre el alumnado (Neidorf, Arora, Erberber, Tsokodayi y Mai 2020, Oñorbe de Torre, Sánchez, 1996).

Carpio (2012) afirma que, debido a la dificultad del aprendizaje de esta ciencia, muchos alumnos no encuentran la utilidad de esta asignatura.

Para ello, el profesor debe hacer todo lo posible para que el estudiante descubra la relación entre la Física y lo cotidiano, es decir, que pueda ver la importancia de la Física en el mundo que le rodea. De esta manera, el alumno

sentiría más interés por la materia, la comprendería y asimilaría mejor los conceptos (Carpio-Chavarría, 2012). Para ello, Villareal et al, (2005) recomienda incorporar a las clases los trabajos o discusiones más recientes, con el objetivo de que el alumno descubra que todos los días se desarrolla Física.

La principal consecuencia de estos problemas es la apatía y la falta de motivación de los alumnos hacia el estudio de la Física (Setyani et al., 2017, Carpio, 2012). Hay que destacar que, en Carpio, (2012), se hizo una encuesta a los alumnos acerca de la motivación que tenían por la asignatura de física. Los resultados reflejaron que más de un 60% de los encuestados no se sienten motivados por aprender física, frente a un 34% de los estudiantes que se sienten motivados por aprender. Ante una falta de motivación, disminuye el esfuerzo que se dedica al estudio de la asignatura.

Como consecuencia a un mal aprendizaje de la física durante la ESO y Bachillerato, Carpio, (2012) indica que los alumnos que ingresan en carreras universitarias lo hacen con déficit de conocimientos en Física. A raíz de ello, Buteler, Arriasecq, Pesa y Massa, (2019) señala el alto abandono de estudiantes que empiezan carreras científicas y tecnológicas en los primeros años debido al estudio de asignaturas básicas, como la Física. Además, aproximadamente, sólo el 20% de los alumnos que empiezan estas carreras las acaban.

4.3 Las leyes de Newton.

Estas leyes fueron descritas por Isaac Newton en 1687 en el libro *Philosophiæ naturalis principia mathematica* (Principios Matemáticos de la Filosofía Natural). De acuerdo con Lara, (2011), las leyes de Newton son la base de la Física Clásica, por lo que aparecen en los contenidos mínimos de los diseños curriculares de la Escuela Secundaria (Montino y Chiabrando, 2015).

A continuación, procederemos a citar las tres leyes (Arribas y Sanjosé, s.f, Miguel, 1986):

- Primera Ley o ley de Inercia: “Si la fuerza resultante que actúa sobre un cuerpo es nula, permanecerá a velocidad constante (en un sistema de referencia inercial)”

$$\Sigma F=0 \leftrightarrow v=cte \leftrightarrow a=0$$

- Segunda Ley: “La fuerza resultante ejercida sobre un cuerpo es igual al producto de su masa (inercial) por la aceleración que la fuerza le produce.”

$$\Sigma F=ma$$

- Tercera Ley o ley de acción y reacción: “Cuando dos cuerpos interaccionan, la fuerza que el primer cuerpo ejerce sobre el segundo (acción) es igual y opuesta a la fuerza que el segundo ejerce sobre el primero (reacción).”

$$\Sigma F_{(1-2)} = -\Sigma F_{(2-1)}$$

Sin embargo, se ha visto que hay muchos problemas en entender las Leyes de Newton entre los alumnos de secundaria. Los errores que se cometen son muy variados.

4.3.1 Problemas en el aprendizaje de las Leyes de Newton.

Miguel, (1986) afirma que hay ideas previas erróneas que tienen los alumnos, provenientes de una mala interpretación de la realidad.

Otro error, que está más relacionado con la metodología, es dar mayor importancia a la 2ª Ley, enseñando más rápido la 3ª y la 1ª Ley. Esta metodología provoca interpretar mal una ley ya que se desconocen las otras (Miguel, 1986, Montino y Chiabrando, 2015).

También, los alumnos tienen dificultad en comprender el concepto de masa, a pesar de ser el más estudiado (Lara, 2011). Debido a ser el más estudiado,

nos encontramos tres definiciones de masa, según el área que se estudie (Hecht, 2011). Para las Leyes de Newton, Hecht, (2011) lo define como: “*La masa es lo que resiste a los cambios de movimiento.*”

Otro error muy común que tienen los alumnos es no comprender el concepto de fuerza (Lara, 2011). Por lo tanto, hace que entender las Leyes de Newton sea muy difícil para los alumnos. Saglam-Arslan, Devecioglu., (2010) afirman que tener un concepto equivocado de fuerza hace que entendamos incorrectamente la primera y segunda Ley de Newton. La mala comprensión del concepto de fuerza puede estar relacionada con que en los centros no se explica el concepto como “interacción entre los cuerpos” (Pérez de Landazábal y Moreno, 1993).

Por último, otro problema que se ha recogido en algunos artículos es la traducción que se han hecho de las Leyes de Newton al castellano (Lara, 2011, Montino y Chiabrando., 2015). Se insiste en que se trabaja con dos versiones traducidas: del latín al inglés y del inglés al castellano. La consecuencia es que es que se hayan creado textos nuevos con un significado diferente a lo que decía Newton.

4.3.2 Ideas previas de la 3ª Ley de Newton.

Las ideas previas que los alumnos tienen sobre la 3ª Ley, la mayoría de las veces son erróneas. A continuación, nombraremos algunas de ellas.

Algunos autores (Setyani et al., 2017, Zamorano et al., s.f, Bao, Hogg, Zollman, 2002, Acevedo et al., 1989) afirman que un fallo que cometen con mucha frecuencia los alumnos es asociar la velocidad y la fuerza, indicando que el objeto que se mueve a mayor velocidad ejerce una mayor fuerza.

Otro fallo que cometen los alumnos, y que ha sido comentado por una gran cantidad de autores, como (Setyani et al., 2017), Bao et al., 2002, Zamorano et al., s.f, Maloney, 1984, Abou & Hestenes, 1985, Thornton, 1995, Mora & Herrera, 2009, Khoon-Siang, 2011), es asociar los conceptos de masa y fuerza, indicando que el objeto de mayor masa ejercerá una mayor fuerza.

Otra idea previa a la que hacen referencia los autores es asociar a los objetos activos, es decir, aquellos que están en movimiento, una mayor fuerza, frente a los objetos pasivos, que está en reposo (Bao et al., 2002, Zamorano et al., s.f, Brown, 1988, Mora & Herrera, 2009).

Por último, se ha encontrado que los alumnos suelen darle un valor mayor a la fuerza de acción que a la de reacción (Pérez de Landazábal & Moreno, 1993, Bao et al., 2002).

5. ESTADO DE LA CUESTIÓN

5.1 Modelo por descubrimiento.

Apareció en la década de los 60. El principal objetivo de este modelo es que la enseñanza se basa en la acción, en solucionar problemas cotidianos y que los alumnos sólo aprendan aquello que descubren por ellos mismos (Anónimo, 2011). En él, se pretende que el alumno sea el artífice del proceso de enseñanza-aprendizaje, sin la ayuda del profesor.

Para ello, el laboratorio se convierte en un lugar importante al aplicar este modelo ya que, el alumno, para alcanzar unas conclusiones a partir de un problema que él tiene, deberá realizar numerosas pruebas de ensayo-error para llegar a unas primeras hipótesis, que pueden estar bien o mal (Sáenz., 1997). Si están bien, puede seguir con el desarrollo del trabajo mientras que, si están mal, deberá volver a empezar. De esta manera, el alumno tendrá que ponerse en el papel del investigador, siendo esta la manera en la que adquiriera el conocimiento (Villareal et al., 2005, Sáenz., 1997). El contenido que debe aprender el alumno no se facilita en su forma final, sino que el estudiante lo tiene que descubrir.

Acudiendo a el laboratorio, se potencia el aprendizaje cooperativo ya que los alumnos interaccionan y resuelven distintos problemas planteados por el profesor. Cada miembro del grupo es responsable de una tarea. De esta manera, el alumno desarrolla capacidades y competencias como espíritu crítico, compromiso, responsabilidad, análisis y síntesis (Losada, Giletto, Murias Javier, ..., Silva, 2010). Para poder realizar esta actividad, el profesor debe exigir al alumno un trabajo previo de análisis de la práctica que irán a hacer en el laboratorio (Losada et al., 2010).

Losada et al., (2010) afirma que la mejor forma de evaluar las prácticas de laboratorio son las rúbricas ya que los alumnos conocen de qué manera el profesor va a evaluar el trabajo del grupo.

Sin embargo, Villareal et al., (2005) afirma que una excesiva autonomía que se le da alumno en este modelo puede resultarle perjudicial en su aprendizaje.

Para ello, la labor que debe tener el docente es la de orientar al estudiante durante la actividad, realizándole constantemente preguntas que estimule al estudiante a lograr la meta planteada en un principio (Jiménez, Parra y Bascuñán., 2007, Losada et al., 2010).

5.2 Modelo por investigación.

Según afirma <https://grupo5ieducativa.wordpress.com/2011/05/08/modelos-educativos-2/>, (2011), este modelo de aprendizaje está basado en situar a los alumnos, que son los protagonistas del proceso de enseñanza-aprendizaje, en un contexto similar al que vive un científico, bajo la supervisión de un profesor.

“El papel del profesor es similar que el que tiene en el modelo por descubrimiento, actuando como “director de investigaciones” (<https://grupo5ieducativa.wordpress.com/2011/05/08/modelos-educativos-2/>, 2011).

Según afirma http://sitios.itesm.mx/va/dide2/tecnicas_didacticas/abi/qes.htm, (2010), el objetivo principal de este modelo es incorporar al alumno total o parcialmente al método científico que puede seguir un investigador en un laboratorio. Para ello, el profesor debe relacionar la investigación con la enseñanza.

Para que este modelo se pueda llevar a cabo, Hamed et al., (2016) afirma que debe haber un buen entorno y clima en clase, en el que los alumnos se planteen problemas y dudas. La resolución de estas dudas sería mediante la práctica (observaciones y experimentos). Estas actividades prácticas tendrán una gran importancia ya que será la principal forma por la que los alumnos construyan su conocimiento. Como indica Morcillo, (2015): “Las actividades de aprendizaje son recursos para conseguir el aprendizaje y no sólo medios para comprobarlo”.

Para ello, Hamed et al., (2016) afirma que el docente tiene que elegir qué actividades son más relevantes para favorecer la evolución de sus alumnos. De esta manera, el docente consigue que el alumno se encuentre motivado ya que, según la situación, se realizarán unas actividades u otras (Hamed et al., 2016).

5.3 La Tecnología de la Información y Comunicación (TIC) en la innovación.

En la actualidad, el uso y empleo de la Tecnología de la Información y la Comunicación (TIC) es la principal herramienta que usan los docentes para innovar en las aulas (Libedinsky, 2014). Se puede decir que, gracias a las TIC, se ha cambiado la forma de enseñar a los alumnos ya que, los alumnos tienen más opciones para acceder a la información. Por ejemplo, gracias a las aulas virtuales, el profesor puede subir documentos o proporcionar más información de un tema, que sirva como refuerzo de lo explicado en la clase (Libedinsky, 2014, López-Rodríguez et al., s.f). Otro ejemplo serían las clases invertidas, en las que el profesor se graba dando la clase, sube el vídeo a una plataforma y los alumnos pueden ver la clase (López-Rodríguez et al.,). De esta manera, al llegar al aula, se tiene más tiempo para discutir sobre el tema o para resolver dudas que pudieran haber surgido.

6. DESARROLLO DEL TRABAJO

Este trabajo estará dividido en dos partes diferenciadas. En la primera, se hará una recopilación bibliográfica sobre las ideas previas erróneas más comunes que tienen los alumnos cuando estudian la 3ª Ley de Newton. En la segunda, y basándonos en los resultados anteriores, se propondrán dos actividades, cuyo objetivo es una mejor comprensión de la 3ª Ley de Newton del estudiantado.

6.1 Búsqueda de ideas previas erróneas de la 3ª Ley de Newton.

6.1.1 Análisis de datos.

El primer paso para llevar a cabo este trabajo será averiguar las ideas previas erróneas que tienen los alumnos de la 3ª Ley de Newton. El método usado ha sido una recopilación bibliográfica. Para ello, se han consultado 23 artículos, en los que hablan de las dificultades y las ideas equivocadas que los alumnos tienen de esta ley de Newton. Después, se han anotado las ideas previas recogidas en cada uno de los artículos. Apuntar, que, según el artículo, puede haber más de una idea previa anotada. Los artículos que fueron consultados son: (Engelman & Koenig, 2017, Clement, 1982, Abou & Hestenes, 1985, Thornton, 1995, Ferreira & Rodriguez, 2011, Mora & Herrera, 2009, Lara, 2011, Miguel, 1986, Hestenes, Wells y Swackhamer, 1992, Hart, 2002, (Hermanto, Muslim, Samsudin, Maknun, 2019, Khoon-Siang, 2011, Bao et al., 2002, Zamorano et al., s.f, Maloney, 1984, Acevedo et al., 1989, Kim & Park, 2002, Handhika, Cari, Soepami y Sunarno, 2016, Setyani et al., 2017, Brown, 1988, Sujarittham & Tanamatavarat, 2019, Hinrichs, 2004, Pérez de Landazábal y Moreno, 1993).

Tras recoger los datos, fueron analizados por el programa Excel, con el objetivo de ver cuáles eran las ideas previas más repetidas.

6.1.2 Resultados

Tabla 1: Asociación de cada idea previa con un ítem.

ÍTEM	IDEA PREVIA
1	Los alumnos no distinguen el par acción-reacción.
2	El objeto con mayor velocidad ejercerá una mayor fuerza.
3	El objeto con mayor masa ejercerá una mayor fuerza.
4	El objeto con mayor aceleración ejercerá mayor fuerza.
5	Un objeto en movimiento ejercerá una mayor fuerza.
6	Los alumnos distinguen entre objetos activos y pasivos.
7	La fuerza de acción tiene un mayor valor que la de reacción.
8	Los alumnos aplican la fuerza de acción y reacción en el mismo objeto.

Tabla 2: Aparición de cada idea previa en los artículos.

ÍTEM	Nº de repeticiones	% de repeticiones
1	3	13,04
2	11	47,83
3	16	69,57
4	4	17,39
5	8	34,78
6	2	8,70
7	4	17,39
8	2	8,70

En la tabla 1 y 2 están reflejados aquellos errores que han aparecido, al menos, dos veces en los artículos.

Tras consultar la tabla 2, se puede ver que la idea previa que más tienen los alumnos, con un 69,57%, es la relacionada con el ítem 3: *“El objeto con mayor masa ejercerá una mayor fuerza”*. (Ver tabla 1). Entre las afirmaciones que nos encontramos en los artículos para describir esta idea previa son: *“Un objeto con mayor masa ejercerá una mayor fuerza que uno más liviano”*, *“Asocian mayor fuerza a mayor masa”* o, *“A mayor masa, mayor fuerza”*.

El siguiente ítem que se repite con más frecuencia, con un 47,83%, es el 2: *“El objeto con mayor velocidad ejercerá una mayor fuerza.”* (Ver tabla 1). Entre las afirmaciones que nos encontramos en los artículos para describir esta idea previa son: *“El objeto que tiene una mayor velocidad ejercerá una mayor fuerza que otro con menor velocidad con el que choca”*, *“los alumnos asocian mayor fuerza al objeto con mayor velocidad”*, *“objetos con mayor velocidad tendrán una mayor fuerza”*, *“la fuerza varía con la velocidad”*, *“la velocidad es proporcional a la fuerza”*.

El tercer ítem que se repite con más frecuencia, con un 34,78%, es el 5: *“Un objeto en movimiento ejercerá una mayor fuerza.”* (Ver tabla 1). Entre las afirmaciones que nos encontramos en los artículos para describir esta idea previa son: *“El objeto que es empujado por otro tendrá una menor fuerza”*, *“Un objeto en movimiento ejercerá una mayor fuerza”*, *“Los alumnos asocian mayor fuerza al objeto que está en movimiento”*, *“el objeto que empuja ejerce mayor fuerza”* o *“Un cuerpo en movimiento ejerce fuerza”*.

En cuarto lugar, hay dos ítems que se repiten con la misma frecuencia (con un 17,39%), que son los correspondientes con los ítems 4 y 7. Estos ítems son: *“El objeto con mayor aceleración ejercerá mayor fuerza.”* y *“La fuerza de acción tiene un mayor valor que la de reacción.”* respectivamente (Ver tabla 1).

Entre las afirmaciones que nos encontramos en los artículos para justificar la idea previa correspondiente al ítem 4 son: *“El objeto con mayor aceleración ejercerá una mayor fuerza que otro con menor aceleración”, “El objeto con mayor aceleración ejercerá una mayor fuerza”*.

Entre las afirmaciones que nos encontramos en los artículos para justificar la idea previa correspondiente al ítem 7 son: *“El alumno hará predominar la acción con mayor fuerza que la reacción”, “El objeto que hace la acción ejerce una mayor fuerza” o “Los alumnos asignan valores diferentes a las dos fuerzas que constituyen una interacción”*.

En quinto lugar, con un 13,04%, nos encontramos el ítem 1, que está relacionado con esta idea previa: *“Los alumnos no distinguen el par acción-reacción.”* (Ver tabla 1). Entre las afirmaciones que nos encontramos en los artículos para describir esta idea previa son: *“Los alumnos tiene bajo entendimiento en el par de fuerza acción-reacción.” o “Los alumnos no distinguen bien las fuerzas aplicadas a dos cuerpos ya que no reconocen quién realiza la acción y sobre quien recae.”*

En último lugar, con un 8,70%, nos encontramos el ítem 6 y el ítem 8, que está relacionado con la idea previa: *“Los alumnos distinguen entre objetos activos y pasivos.” y “Los alumnos aplican la fuerza de acción y reacción en el mismo objeto”* respectivamente (Ver tabla 1).

Entre las afirmaciones que nos encontramos en los artículos para describir la idea previa del ítem 6 son: *“Los alumnos diferencian entre objetos activos y pasivos ya que en una interacción hay un objeto que ejerce una fuerza mayor” o “Los cuerpos activos ejercen fuerza”*.

Entre las afirmaciones que nos encontramos en los artículos para describir la idea previa del ítem 8 son: *“La tercera Ley sólo ocurre en un objeto ya que las*

dos fuerzas actúan en el objeto” o “Se aplica la fuerza de acción y reacción sobre el mismo objeto”.

En los artículos también se mencionan más ideas previas. Sin embargo, sólo se mencionan en un artículo, con lo que no se le han dado la misma importancia que a las descritas en la tabla 1. Se pueden citar más ideas previas recogidas en los artículos, como pueden ser: *“Los alumnos entienden esta ley como un conflicto de objetos, donde cada uno tiene su propia fuerza”, “Los alumnos no entienden bien el concepto de gravedad”.*

6.2 Actividades de innovación.

Tras averiguar cuáles son las ideas previas que tienen los alumnos de la 3ª ley de Newton, se han pensado realizar dos propuestas didácticas, con el objetivo de mejorar el aprendizaje de la 3ª Ley de Newton entre los alumnos de 4º de ESO. La primera propuesta se llevará a cabo en el aula mientras que la segunda será un proyecto llevado a cabo con los alumnos en el que se tendrán que construir diferentes “móviles de Newton”.

6.2.1 Inversión en la enseñanza de las Leyes de Newton.

En esta propuesta, lo que se ha pensado es enseñar las Leyes de Newton de una manera diferente a la que se ve en los libros de texto. Se empezará dando la 3ª Ley de Newton, y, hasta que los alumnos no la comprendan correctamente, no se pasará a enseñar la 2ª y 1ª ley.

Esta propuesta se llevará a cabo en un modelo por descubrimiento ya que, en la segunda sesión, los alumnos irán al laboratorio a realizar experimentos basados en lo que vieron en la primera sesión de teoría.

Los objetivos específicos que se esperan obtener tras aplicar la estrategia son los siguientes:

- Mejor comprensión de la 3ª Ley de Newton.

También, se podrían marcar unos objetivos secundarios, que son:

- Mayor entendimiento del concepto de fuerza, que resulta vital para una buena comprensión de la 3ª Ley de Newton.
- Los alumnos trabajan en equipo de una manera coordinada y respetuosa.

Esta estrategia de enseñanza irá dirigida a los alumnos de 4º de ESO. La estrategia quedará enmarcada en la Unidad Didáctica que utilizará el docente para explicar las Leyes de Newton. Esa Unidad se encuentra en el Decreto 19/2015 de 12 de junio (B.O.R 19/06/2015), Bloque IV: El Movimiento y las Fuerzas.

Los contenidos que se abordarán dentro de este Bloque IV serán “Las Leyes de Newton.”

Los criterios de evaluación y estándares de aprendizaje asociados a la estrategia de enseñanza son los siguientes:

- Aplicar las Leyes de Newton para la interpretación de fenómenos cotidianos.
 - Interpreta fenómenos cotidianos en términos de las leyes de Newton.
 - Representa e interpreta las fuerzas de acción y reacción en distintas situaciones de interacciones entre objetos.

Descripción de la aplicación.

En esta propuesta, la principal innovación que se encuentra es el orden escogido para dar las Leyes de Newton.

Esta estrategia de enseñanza estará diseñada para hacerse en dos sesiones. La primera se realizará en clase mientras que la segunda se realizaría en el laboratorio.

Primera sesión:

Se empezará la clase introduciendo el concepto de fuerza como "interacción entre dos cuerpos". Debido a esta definición de fuerza, presentaremos las Leyes de Newton de manera invertida, explicando primero la tercera, después la segunda y por último la primera. Durante la explicación, se hará hincapié en las ideas previas erróneas que pueden tener los alumnos. Esta es la principal diferencia que se verá en esta estrategia, ya que estamos acostumbrados a encontrarnos en los libros de texto a que se explique primero la primera ley, pudiendo crear dificultades a los alumnos en entender la tercera ley debido a las explicaciones que se dan para desarrollar la primera, en especial, el diagrama de cuerpo libre (Sebastiá, 2013).

Tras la explicación teórica, se les entregará a los alumnos, para que hagan de manera individual un test para comprobar si han entendido la 3ª Ley. El test que se usará está basado en el diseñado por (*Bao et al., 2002*), y utilizado en (*Zamorano et al., s.f*). El test está formado por 16 preguntas de respuesta múltiple, en la que los alumnos tendrán que elegir la opción correcta. alguna de las preguntas va acompañada de un dibujo. La principal diferencia es la modificación de alguno de los enunciados, poniendo nombres de los alumnos de la clase o situaciones en la que los alumnos se encuentran más familiarizados (Anexo I).

Se dejará unos 15 minutos para hacer el test. Pasado el tiempo, se corregirá en clase, viendo los fallos que han cometido los alumnos y volviendo a explicar lo que no hubiera quedado claro en un principio.

Segunda sesión:

En esta sesión se realizarán diferentes experimentos, que son bastante sencillos. Estos experimentos están diseñados con objetos cotidianos y pueden resultar atractivos para los alumnos ya que, en cada uno de ellos, hay que hacer una cosa diferente para ver que se cumple la 3ª Ley de Newton, que es principal objetivo por el que están diseñados. Los experimentos están sacados de (Vila y Sierra., 2016, Rodríguez-Lolnaz, Antón., 2018).

Para ello, se harán grupos de entre 4-5 personas, según los alumnos que haya en la clase. Lo que se quiere lograr es que, mediante un aprendizaje cooperativo, se realicen los experimentos y que todos los alumnos pertenecientes al grupo comprendan y puedan explicar lo que han hecho al resto de compañeros. Se eligieron hacer estos experimentos porque no se tarda mucho tiempo en realizar todos ellos, porque se necesita material sencillo de tener en el instituto o en casa y para que los alumnos vean que con objetos de uso cotidiano se puede hacer ciencia.

Tras haber hecho y entendido todos los grupos los experimentos, cada grupo tendrá que explicar un experimento de los realizados con anterioridad al resto de compañeros, con el objetivo de ver que han entendido tanto lo que han hecho, cómo la 3ª Ley de Newton, que es el principal fundamento teórico.

Los experimentos elegidos, junto a una breve explicación y los materiales necesarios para realizarlos, se encuentran en el Anexo II.

Materiales y recursos utilizados:

- Libro de texto de la asignatura.
- Apuntes proporcionados por el profesor.

- Test.
- Pizarra y tiza.
- Materiales usados en experimentos de laboratorio (Ver Anexo II, donde está más detallado)

Criterios de evaluación:

Tabla 3: Rúbrica diseñada para calificar la exposición de la práctica.

	1	2	3	4
Cada miembro del grupo interviene				
El experimento es explicado con claridad				
Se ha comprendido el fundamento físico				
Los resultados mostrados son coherentes a lo explicado				
El grupo se adecua al tiempo de la exposición				

El peso que tendrá en la evaluación no será muy alto ya que lo expuesto anteriormente, aunque es innovador, no es más que una forma diferente de afrontar la enseñanza de las Leyes de Newton. De esta manera, he pensado en calificar con un 10% del total, respecto a la evaluación de la Unidad Didáctica. La actividad para calificar sería la presentación que haría el grupo del experimento que le ha tocado exponer, de los realizados anteriormente. La elección del experimento a exponer será al azar. De esta manera, nos aseguramos de que todos los grupos sepan cómo se cumple la 3ª Ley de Newton en cada experimento.

Se ha diseñado una rúbrica para la calificación de la presentación (Tabla 3). Contará con 5 aspectos evaluables, asignándole un valor de 1 a 4. El valor de 1 se corresponderá a 0,25; 2 a 0,5; 3 a 0,75 y 4 a 1. El docente, tras asignar todos los valores, hará la equivalencia para dejar la nota sobre 10.

6.2.2 Propuesta basada en los “móviles de Newton”.

En esta propuesta, lo que se ha pensado es que los alumnos elaboren distintos “móviles de Newton.” Esta actividad está diseñada para aplicarla en un modelo por investigación, en la cual los alumnos son responsables de la fabricación del móvil, pero siempre con la ayuda del profesor.

Lo que queremos lograr con esta actividad es que los alumnos trabajen por grupos de forma autónoma, tomando las decisiones necesarias y buscando la información que les hace falta para que la actividad sea exitosa (Toledo-Morales, Sánchez-García., 2018)

Los objetivos específicos que se esperan obtener tras aplicar la estrategia son los siguientes:

- Mejor comprensión en el par de fuerzas acción-reacción.
- Mayor entendimiento en la 3ª Ley de Newton.

También, se podrían marcar unos objetivos secundarios, que son:

- Comprobar que las fuerzas de acción y reacción se aplican en dos cuerpos diferentes.
- El alumno es capaz de comunicarse y trabajar en equipo.
- El trabajo del alumno es similar al encontrado en el ámbito laboral.

Esta estrategia de enseñanza irá dirigida a los alumnos de 4º de ESO. La estrategia quedará enmarcada en la Unidad Didáctica que utilizará el docente para explicar las Leyes de Newton. Esa Unidad se encuentra en el Decreto 19/2015 de 12 de junio (B.O.R 19/06/2015), Bloque IV: El Movimiento y las Fuerzas.

Los contenidos que se abordarán dentro de este Bloque IV serán “Las Leyes de Newton.”

Los criterios de evaluación y estándares de aprendizaje asociados a la estrategia de enseñanza son los siguientes:

- Aplicar las Leyes de Newton para la interpretación de fenómenos cotidianos.
 - Interpreta fenómenos cotidianos en términos de las leyes de Newton.
 - Representa e interpreta las fuerzas de acción y reacción en distintas situaciones de interacciones entre objetos.

Descripción de la aplicación.

Este proyecto está diseñado para que los alumnos en grupos, y con ayuda del profesor construyan diferentes “móviles de Newton”.

Antes de iniciar la actividad, se le pedirá ayuda y colaboración tanto al departamento de educación plástica como al de tecnología ya que necesitaremos sus aulas para diseñar los móviles como la ayuda de los profesores para ayudar con el funcionamiento del móvil.

Dos semanas antes del inicio de la actividad, se les comunicará a los alumnos la idea de realizar el proyecto de los móviles de Newton. Al querer construir cuatro móviles de Newton, se pide a los alumnos que formen grupos de 6-7 personas. Los móviles que se tiene pensado construir son los siguientes: “Coche propulsados con aire”, “Coche propulsados con aire y agua”, “Cohete propulsado con aire y agua” y “Cohete propulsado con bicarbonato y vinagre”. El objetivo es que, mediante la construcción de estos móviles, el alumno comprenda mejor la 3ª Ley de Newton.

Para ello, antes de empezar con la construcción del móvil, se mandará con antelación al grupo buscar qué es un móvil de Newton y también leerse la información proporcionada sobre el móvil que tienen que construir. Los móviles se elaborarán siguiendo un guión, en el que por pasos tendrán que construir el “móvil”. Mediante su construcción, se busca que el alumno sea imaginativo y que encuentre una mayor motivación por la física. Se quiere también que se haga preguntas sobre ¿cómo se pudiera mejorar el móvil? o ¿en qué se basa su funcionamiento?

La información sobre la construcción del móvil de Newton, junto con un vídeo de su funcionamiento se podrá ver en el Anexo III.

Tabla 4: Horario de la actividad.

Día	Horario	Actividad
18 de marzo de 2020	17:00-20:00	Diseño del móvil
20 de marzo de 2020	17:00-20:00	Diseño del móvil
23 de marzo de 2020	17:00-20:00	Diseño del móvil
25 de marzo de 2020	17:00-20:00	Diseño del móvil
*27 de marzo de 2020	17:00-20:00	Diseño del móvil/ Prueba de los móviles.

El periodo que se quiere que la actividad dure será entre 4-5 tardes. Por ello, en la tabla 4 se verá la organización pensada y que se seguirá. Las tardes elegidas irán en función de la disponibilidad que tengan los alumnos. En cada tarde se trabajará unas 3 horas.

* Según el tiempo que nos cueste elaborar los móviles, el último día se probarán o no. Si no puede ser posible, un día que tengamos clase, se bajaría al patio para probarlos.

Antes de iniciar la actividad, se abrirá un foro en el aula virtual donde los alumnos podrán dejar las dudas que les hayan surgido tras la lectura sobre lo que es un “móvil de Newton” como de los pasos a seguir para construir el “móvil”. Este buzón seguirá habilitado para responder a dudas surgidas en realizar la memoria u otras dudas que surjan mientras se realice la actividad.

El resultado final de los móviles será el observado en las siguientes imágenes. Debido a que no se pudieron hacer, las imágenes se han sacado de Rodríguez-Lolnaz y Antón, (2018).



Figura 1: Móvil “cohete propulsado por aire y agua”



Figura 2: Móvil “coche propulsado con aire y agua.”



Figura 3: Móvil “cohete propulsado con bicarbonato y vinagre.”



Figura 4: Móvil “barco propulsado por agua”.

Materiales:

Hay que indicar, que el material estará proporcionado por el centro y los alumnos no tendrán que comprar nada. Pero, se les pediría traer material reciclado (Botellas de plástico, cartones de leche). Si fuera necesaria alguna herramienta, se pediría a la Universidad de la Rioja que nos las preste (Sierras y pistolas termofusibles principalmente).

El material necesario para hacer los móviles es:

- Botellas y tapones de plástico.
- CDs.
- Globos.
- Pajitas.
- Palillos.
- Corchos de botellas.
- Plastilina.
- Cajas de cartón.
- Cartones de leche.
- Láminas de corcho.
- Latas.
- Pegamento.
- Punzones.
- Cúter.
- Sierras.
- Pistolas termofusibles.

El material necesario para hacer mover a los “móviles será:

- Globos.
- Vinagre.
- Pajitas.

- Agua.
- Velas.
- Bicarbonato.
- Bomba de bicicleta.
- Válvula de bicicleta.

Será necesario hacer un presupuesto con todos aquellos materiales que el centro tendrá que comprar. Habrá materiales que no hará falta comprar ya que los tendremos reciclados, pero otros sí. Para la compra, se pedirá al centro que nos preste el dinero para llevar a cabo la actividad. El presupuesto de los materiales que habrá que comprar está más detallado en la tabla 5.

Tabla 5: Presupuesto de materiales.

Material	Precio (€)
Globos (x100)	4.95
Pajitas de plástico (x100)	0.72
Palillos(x1000)	3.70
Plastilina (2 packs de 6 unidades)	3.52
Cajas de cartón (x8)	8.00
Pegamento (x4)	8.36
CDs (x25)	4.55
Láminas de corcho (x10)	9.90
Válvulas de bicicleta (x10)	8.39
	Total: 52.06 €

Criterios de evaluación.

Para calificar este proyecto, el alumno tendrá que realizar un cuaderno. El peso que tendrá el cuaderno en la evaluación será un 10% en la nota total de la

evaluación en la asignatura. En ese cuaderno, deberán de aparecer los siguientes puntos:

- Indicar el móvil que le tocó hacer.
- Materiales necesarios para construir el móvil.
- Pasos seguidos para construirlo. El alumno debe acompañar este paso con imágenes.
- ¿Cómo se origina el movimiento de tu móvil?
- ¿Qué problemas han surgido al construir el móvil y cómo los habéis solucionado?
- Tras haber realizado el proyecto, ¿Qué es lo que habéis aprendido?
- Opinión personal del proyecto.

También, se repartirá una encuesta entre los alumnos (Ver tabla 6), con el objetivo de saber si la realización del proyecto ha sido positiva o negativa. El alumno debe valorar con una escala entre 1 a 5 (1. Nada 5. Mucho) las siguientes cuestiones. Se espera una total sinceridad cuando se rellene la encuesta.

Tabla 6. Encuesta que se pasará a los alumnos tras acabar el proyecto.

Cuestiones	Valoración
Gracias a este proyecto comprendo mejor la 3ª Ley de Newton.	
El proyecto me ha servido para comprender mejor las Leyes de Newton.	
Este proyecto me ha supuesto un reto motivador.	
En un futuro me gustaría hacer más proyectos de este tipo.	
El resultado final es el que me esperaba.	
Trabajar en equipo ha sido positivo.	
Tras realizar el proyecto, he aprendido más de lo esperado.	
He podido combinar la realización del proyecto con el estudio del resto de las asignaturas.	

7 DISCUSIÓN

Señalar, antes de todo, que ninguno de estos dos proyectos los he llevado a cabo en el aula. Son dos propuestas que he planteado en este trabajo y me gustaría, en un futuro, realizar en el aula con mis alumnos.

Por lo tanto, para juzgar los resultados de las propuestas, nos basaremos en artículos encontrados que se han hecho actividades similares.

Aunque, los resultados obtenidos en Lara, (2011) son de alumnos universitarios, y se explican las tres leyes de Newton y no sólo la tercera, se observa que en el grupo que se enseña la tercera ley primero en vez la primera, el aprendizaje es mayor ya que al realizar el postest del tema, los resultados son mejores (17,9 respuestas de media acertadas frente a 12,1).

Por otra parte, los resultados obtenidos en Rodríguez-Lolnaz y Antón, (2018) son muy positivos ya que, un 74% de los alumnos están “bastante de acuerdo” o “muy de acuerdo” en que realizar la actividad les ha ayudado en comprender mejor la 3ª ley de Newton, un 81% de los alumnos han contestado “bastante de acuerdo” o “muy de acuerdo” en que, hacer la actividad les ha supuesto un reto motivador y, para un 84% de los alumnos, realizar el proyecto ha generado un mayor interés por la ciencia.

La propuesta de invertir la enseñanza de las leyes de Newton presenta numerosas ventajas. La primera es que se realiza en el horario lectivo, por lo que no es necesario la presencia de los alumnos fuera del horario escolar. Otra ventaja, puede ser que esta estrategia se podría impartir en todos los institutos ya que, sólo es necesario alterar el orden de explicación del tema de las Leyes de Newton. Por último, al ir al laboratorio, se trabaja por grupos una serie de experimentos para reforzar el aprendizaje de la ley, pudiendo solucionar entre los miembros, algún concepto que no haya quedado claro en la sesión anterior.

Sin embargo, también presenta algunos inconvenientes. El primero, puede afectar a la motivación de los alumnos ya que, siguiendo esta estrategia, no se hace nada diferente que se haga en cualquier clase. El segundo, está relacionado con que, durante la sesión de laboratorio, haya alumnos que no muestren interés, cargando el trabajo al resto del grupo.

La propuesta basada en los “móviles de Newton” presenta numerosas ventajas. Entre ellas, destaco una mayor motivación entre el alumnado ya que este proyecto supone un reto para ellos. Además, mezclar la ciencia con otras disciplinas (Educación Artística para elaborar el diseño del móvil y decorarlo) puede generar mayor interés en el alumno. Por otro lado, tras realizar el proyecto, el alumno encuentra un mayor interés por la ciencia, descubriendo por él mismo que tiene utilidad y no es aburrida. Por último, esta actividad rompe con la “rutina” ya que, el alumno aprende de una manera diferente a la que está acostumbrado.

Esta propuesta también presenta numerosas desventajas. La principal es, que, si no hay colaboración entre los departamentos, es muy difícil que se realice el proyecto. Otra muy importante es, que al ser una actividad que se haría por las tardes, una parte de los alumnos no pudieran participar debido a diferentes actividades extraescolares a las que estén apuntados. Otra desventaja puede ser, al igual que en la estrategia anterior, la falta de participación de algunos alumnos en el proyecto.

8 CONCLUSIONES.

Las conclusiones obtenidas tras realizar el TFM son las siguientes:

- ✓ La asignatura de física debe ser enseñada mediante un modelo en el que el alumno sea el protagonista del proceso de enseñanza-aprendizaje.

- ✓ La falta de motivación es el principal factor por el que cuál los alumnos no se interesan en aprender física.

- ✓ El docente tiene que conocer las ideas previas de los alumnos a la hora de enseñar las Leyes de Newton.

- ✓ Asociar a que el objeto con mayor masa ejerce una mayor fuerza es la idea previa errónea más común entre los alumnos.

- ✓ Siguiendo cualquiera de las dos actividades de innovación propuestas, los alumnos comprenden mejor la 3ª Ley de Newton.

- ✓ Aunque la construcción de los “móviles de Newton” es una propuesta más atractiva entre el alumnado, la explicación de las Leyes de Newton de forma inversa es una propuesta más fácil de realizar en clase.

9 REFERENCIAS

- Engelman J., Koenig K. (2017). *Changing Student Conceptions of Newton's Laws Using Interactive Video Vignettes*. American Association of Physics Teachers.
- Clement J. (1982). *Students' preconceptions in introductory mechanics*. American Journal of Physics, Vol 50, N° 1.
- Abou H. I., Hestenes D. (1985). *Common sense concepts about motion*. American Journal of Physics, Vol 53, N° 11, 1056-1065.
- Thornton R.K. (1995). *Conceptual Dynamics: Changing student views of force and motion*. Proceedings of the International Conference on Thinking science for teaching: The case of physics.
- Ferreira J., Rodriguez R. (2011). *Efectividad de las actividades experimentales demostrativas como estrategia de enseñanza para la comprensión conceptual de la tercera ley de Newton en los estudiantes de fundamentos de Física del IPC*. Revista de Investigación Vol 35. N° 73, Mayo-Agosto, 61-84
- Mora C., Herrera D. (2009). *Una revisión sobre ideas previas del concepto de fuerza*. Latin American Journal of Physics, Vol 3, N° 1, 72-86.
- Lara-Barragán-Gómez A. (2011). *Un modelo de enseñanza neuropedagógico de las Leyes de Newton para la Net Gen*. Latin American Journal of Physics Education Vol 5. N° 2, 526-536.
- Miguel O. (1986). *Análisis Comportamental de las Leyes de Newton*. Enseñanza de las Ciencias, Vol 4, N° 1, 51-55.
- Hestenes D., Wells M., Swackhamer G. (1992). *Force Concept Inventory*. The Physics Teacher, Vol 30, 141-158.
- Hart C., (2002). *Teaching Newton's laws*. Australian Science Teachers' Journal, Vol 48, N° 4.
- Hermanto I.M., Muslim M., Samsudin A., Maknun J. (2019). *K-10 students' conceptual understanding on Newton's laws: current and future directions*. Journal of Physics: Conference Series.

- Khoon-Siang L., (2011). *Developing a profile of conceptual understanding and misconceptions in newtonian mechanics: A rasch modelling approach*. The International Conference on Measurement and Evaluation in Education.
- Bao L., Hogg K., Zollman D. (2002). *Model Analysis of Fine Structures of Student Models: An Example with Newton's Third Law*. American Journal of Physics, Vol 70. No 7, 766-778.
- Zamorano R.O., Moro L. E., Viau J.E., Gibbs H.M. (s.f) *Persistencia de los modelos causales. Factores contextuales en la 3ª Ley de Newton*. Revista Iberoamericana de Educación (ISSN: 1681-5653)
- Maloney D.P., (1984). *Rule-governed approaches to physics- Newton's third law*. Institute of Physics Education, Vol 19.
- Acevedo J.A., Bolívar J.P., López-Molina E.J., Trujillo M. (1989). *Sobre las concepciones en dinámica elemental de los adolescentes formales y concretos y el cambio metodológico*. Enseñanza de las Ciencias, Vol 7, N° 1, 27-34.
- Kim E., Park S.J., (2002). *Students do not overcome conceptual difficulties after solving 1000 traditional problems*. American Association of Physics Teachers. Vol 70, N° 7.
- Handhika J., Cari C., Soepami A., Sunarno W. (2016). *Student Conception and Perception of Newton's Law*. Proceedings of International Seminar on Mathematics, Science, and Computer Science Education, 070005-1, 070005-5.
- Setyani N.D., Cari, Suparmi, Handhika J. (2017). *Student's concept ability of Newton's law based on verbal and visual test*. International Journal of Science and Applied Science: Conference Series. Vol. 1 No. 2, 162-169.
- Brown D.E. (1988). *Students' Concept of Force: The Importance of Understanding Newton's Third Law*. Annual Meeting of the American Association of Physics Teachers.
- Sujarittham T., Tanamatayarat J., (2019), *A case study of a teaching and learning sequence for Newton's third law of motion designed by a pre-service teacher*. Journal of Physics: Conference Series.
- Hinrichs B.E., (2004), *Using the system schema representational tool to promote student understanding of Newton's third Law*. Paper presented at the Physics Education Research Conference (PERC)
- Pérez de Landazábal M.C., Moreno-Rebollo J.M., (1993), *Evaluación y detección de dificultades en el aprendizaje de Física y Química en el segundo ciclo de la ESO*. Ministerio de Educación y Cultura.

- Hamed S., Rivero A., Martín- del Pozo R. (2016), *El cambio de las concepciones de los futuros maestros sobre la metodología de enseñanza en un programa formativo*. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias. Vol 13, Nº 2 476-492.
- Jiménez C.O., Parra P., Bascuñan N.A (2007), *Modelo de aprendizaje por descubrimiento para alumnos de química básica experimental*. Edusfarm, revista d' educación superior en Farmàcia. Nº 2.
- Franco-Mariscal A.J., (2013). *Enseñanza y aprendizaje de la física a través de la lectura del Quijote en 4º de ESO. Las Leyes de Newton y la aventura de los molinos de viento*. Enseñanza de las ciencias, revista de investigación y experiencias didácticas. Nº 31.2, 31-53. ISSN:0212-4521.
- Vila J.A., Sierra C.J., (2016). *Estudio de la tercera ley de newton a través de experimentos sencillos, de bajo coste económico y gran valor pedagógico*. Revista REAMEC: revista da Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática. Nº 4, Vol 1, ISSN:2318-6674.
- Otero M.R., (2004). *El uso de imágenes en la Educación en Ciencias como campo de Investigación*. Revista de Enseñanza de la Física, Vol 17, Nº 1.
- Montino M., Chiabrando L., (2015). *Repesando las Leyes de Newton en la formación de profesores*. Revista de Enseñanza de la Física. Vol 27, Nº Extra. 669-674.
- Buteler L., Arriassecq I., Pesa M., Massa M., (2019). *La investigación en la educación en física: estado actual y nuevas perspectivas*. Revista Enseñanza de la Física. Vol 31, Nº 2, 5-15.
- Lion C., Perosi V., (2019). *Didácticas lúdicas: aproximaciones, desafíos y posibilidades para la integración de videojuegos serios en el nivel superior*. Revista de Enseñanza de la Física. Vol 31, Nº 2 47-55.
- Adu-Gyamfi K., Ghartey-Ampiah J., (2016). *The junior high school integrated science: the actual teaching process in the perspective o fan ethnographer*. European Journal of Science and Mathematics Education. Vol 4, Nº 2, 268-282.
- Erfan M., Ratu T., (2018). *Analysis of student difficulties in understanding the concept of Newton's law of motion*. Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika. Vol 3, Nº 1, 1-4. p-ISSN: 2477-5959, e-ISSN:2477-9451.
- Thornton R.K., Sokoloff D.R., (1998), *Assessing student learning of Newton's laws: The forcé and motion conceptual evaluation and the evaluation of active learning laboratory and lectura curricula*. American Association of Physics Teachers. Vol 66, Nº 4.

- Jiménez J., Perales J.F., (s.f) *¿Es viable utilizar en la E.S.O. una representación simbólica de la fuerza como interacción?* La didáctica de las Ciencias. Tendencias actuales.
- Smith T.I., Wittmann M.C., (2007). *Comparing three methods for teaching Newton's third law*. The American Physical Society.
- Hecht E., (2011). *On defining mass*. The Physics Teacher. Vol 49.
- Carpio C. (2012). *Caracterización de la Problemática en los Procesos de Enseñanza y Aprendizaje de la Física en Secundaria*. Revista Ensayos Pedagógicos Vol VII. Nº 2, julio-diciembre, 101-121.
- Prieto M.N., Lorda M.A., (2012). *El lugar de las estrategias metodológicas para la innovación en la enseñanza de la geografía*. Boletín geográfico. Nº 34 59-74. ISSN: 0326-1735.
- Morales L.M., Mazzitelli C.A., Olivera A.C., (2015). *La enseñanza y el aprendizaje de la Física y de la Química en el nivel secundario desde la opinión de los estudiantes*. Revista electrónica de investigación en educación en Ciencias. Vol 10, Nº 2. 11-19. ISSN: 1850-6666.
- Sáenz O., (1997). *La formación didáctica de los profesores de enseñanza secundaria*. Revista Interuniversidades de Formación de Profesorado. 39-51. ISSN: 0213-8646.
- García A., (2006). *Mme du Châtelet y su traducción al francés de los Philosophiae Naturalis Principia Mathematica de Newton*. Revista Alfinge. 43-73. ISSN: 0213-1854.
- Khiari C., (2011). *Newton's laws of motion revisited: some epistemological and didactic problems*. Latin American Journal of Physics, Vol 5, Nº 1. ISSN:1870-9095.
- Flores S., González M.D., Borunda M.E., Chávez J.E., (s.f) *Problemática de aprendizaje en el uso del concepto de aceleración en contexto*. CULCyT/ Matemática Educativa.
- Pesantez F.F., Ruiz K.S., Pereira F.A., Pereira F.A., (2017). *Teoría y dificultades en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la física en la antigüedad y actualidad*. Revista Dominio de las Ciencias. Vol 3, Nº 4 419-430. ISSN: 2477-8818.
- Oñorbe de Torre A., Sánchez J.M., (1996). *Dificultades en la enseñanza-aprendizaje de los problemas de física y química I. Opiniones del alumno*. Enseñanza de las ciencias. Vol 14, Nº 2. 165-170.

- Sebastia J., (2013). *Las Leyes de Newton de la mecánica: Una revisión histórica y sus implicaciones en los textos de enseñanza*. Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales. N 27. 199-217. ISSN: 0214-4379.
- Pulgar J.A., Sánchez I., (2013). *Efectividad del aprendizaje basado en problemas en las estrategias de aprendizaje y conocimiento en física*. IX congreso Internacional sobre investigación en didáctica de las ciencias. 2860-2865.
- Nieminen P., Savinainen A., Viiri J., (2010). *Force Concept Inventory-based multiple-choice test for investigating students' representational consistency*. Physical review special topics-Physics education research.
- Díaz F., Hernández G. (s.f) *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo: Una interpretación constructivista*. Mc Graw Hill.
- Engelman J., (2016). *How colleague students' conceptions of Newton's Second and Third Laws change through watching interactive video vignettes: A mixed methods study*.
- Tamayo A. (s.f) *Modelos y disenos de investigación*.
- Neidorf T., Arora A., Erberber E., Tsokodayi Y., Mai T., (2020). *Review of research into misconceptions and misunderstandings in physics and mathematics*. International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA)
- Galili I., Tseitlin M., (2003). *Newton's first law: Text, translations, interpretations and physics education*. Science & Education. 45-73.
- Anónimo, (2011). *Perspectivas teóricas sobre el aprendizaje y la enseñanza*. Revista digital para profesionales de la enseñanza. ISSN:1989-4023.
- Eaton P., Vavruska K., Willoughby S. (2019). *Exploring the preinstruction and postinstruction non-Newtonian world views as measured by the Force Concept Inventory*. American Physical Society.
- De la Rosa L.R., (2011). *Problemáticas y alternativas en la enseñanza de la química en la educación media en la isla de San Andrés, Colombia*. Universidad Nacional de Colombia.
- Sirait J., Hamdani., Mursyid S., (2018). *Student's understanding of forces: Force diagrams on horizontal and inclined plane*. Journal of physics: Conference Series.
- Saglam-Arslan A., Devecioglu Y. (2010). *Student teachers' levels of understanding and model of understanding about Newton's laws of motion*.

Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching. Vol 11. Issue 1, Article 7.

- Knuth E.J., (2000). *Student understanding of the cartesian connection: An exploratory study*. Journal for research in mathematics education. Vol 31, Nº 4. 500-508.
- Rodríguez-Lolnaz G., Antón A., (2018). *Trabajando las leyes de la mecánica a través de un proyecto: el móvil de Newton, un juguete muy serio*. Ikastorratza. E-Revista de Didáctica. Vol 20. 67-90. ISSN:1988-5911.
- Guisasola J., Zuza K., Sagastibeltza M., (2019). *Una propuesta de diseño y evaluación de secuencias de enseñanza-aprendizaje en Física: el caso de las Leyes de Newton*. Revista de enseñanza de la física. Vol 31, Nº 2. 57-69.
- Ornek F., Robinson W.R., Haugan M.P (2008). *What makes physics difficult?* International Journal of Environmental & Science Education (IJESE). Vol 3, Nº 1. 30-34. ISSN: 1306-3065.
- López J.M., (s.f). *Experiencia docente mediante la Metodología de Aprendizaje basado en Problemas*. Escuela Universitaria de Ingeniería de Vitoria-Gasteiz.
- Herrera-Batista M.A., (s.f) *Las Nuevas Tecnologías en el aprendizaje constructivo*. Revista Iberoamericana de Educación. ISSN: 1681-5653.
- Pérez L., Beltrán J., (2014). *Estrategias de Aprendizaje: Función y diagnóstico en el aprendizaje adolescente*. Padres y Maestros. Nº 358.
- Beltrán J.A., (2003). *Estrategias de aprendizaje*. Revista de educación. Nº 332. 55-73.
- Fernández-Jiménez C., (2012) *Metodología docente, motivación y rendimiento*. Tesis Doctoral. Universidad autónoma de Madrid. Madrid.
- Martínez C., Hidalgo N. (2013). *¿Cómo evalúan los docentes españoles? Estudio multinivel sobre el impacto de las estrategias de evaluación en el aula sobre el rendimiento académico*. Investigación e Innovación Educativa. 812-819.
- Vázquez A., (1990). *Concepciones alternativas en física y química de bachillerato: Una metodología diagnóstica*. Enseñanza de las Ciencias. Vol 8, Nº 3. 251-258.
- Zabalza M.A., (2011). *Metodología docente*. Revista de docencia Universitaria. Vol 9, Nº 3. 75-98. ISSN: 1887-4592.

- Elizondo-Treviño M. (2013). *Dificultades en el proceso enseñanza-aprendizaje de la física*. Año 3. Nº 5. 70-77.
- Villareal M., Lobo H., Gutierrez G., Briceño J., Rosario J., Díaz J.C., (2005). *La enseñanza de la física frente al nuevo milenio*. Academia.
- López-Rodríguez D., García-Cabanes C., Campello-Blasco L., Formigós-Bolea J., Lax-Zapata P., Fernández-Sánchez L., Esquiva-Sobrino G., González-Rodríguez E., Gómez-Vicente V., Cuenca-Navarro N., Maneu-Flores V., (s.f) *Uso del material audiovisual como apoyo en las clases teóricas*. XII jornadas de Redes de Investigación en Docencia Universitaria. El reconocimiento docente: innovar e investigar con criterios de calidad. ISBN: 978-84-697-0709-8.
- González C., Vicent M., García-Fernández J.M., Inglés C.J., (s.f) *La concepción del desarrollo profesional docente como factor influyente en la actividad educativa*. XII jornadas de Redes de Investigación en Docencia Universitaria. El reconocimiento docente: innovar e investigar con criterios de calidad. ISBN: 978-84-697-0709-8.
- Beresaluce R., Peiró S., Ramos C., *El profesor como guía-orientador*. (s.f) *Un modelo docente*. XII jornadas de Redes de Investigación en Docencia Universitaria. El reconocimiento docente: innovar e investigar con criterios de calidad. ISBN: 978-84-697-0709-8.
- González-Ortega D., Díaz-Pernas F.J., Martínez-Zarzuela M., Antón-Rodríguez M., (s.f) *Metodologías docentes y trabajo en equipo en Programación bajo la perspectiva del alumno*. XII jornadas de Redes de Investigación en Docencia Universitaria. El reconocimiento docente: innovar e investigar con criterios de calidad. ISBN: 978-84-697-0709-8.
- De Juan J., Pérez-Cañaveras R.M., Girela J.L., Martínez-Ruiz N., Soto J.L., Castillejo A., Segovia Y., Soto C., Torrus D., Vizcaya M.F., Romero A., Gómez-Torres M.J., Herrero J., Martínez A. (s.f) *Todo lo que siempre quiso saber sobre la evaluación, pero no se atrevió a preguntar: a propósito de una encuesta*. XII jornadas de Redes de Investigación en Docencia Universitaria. El reconocimiento docente: innovar e investigar con criterios de calidad. ISBN: 978-84-697-0709-8.
- Morcillo, V. (2015). *La acción educativa en el aula. Análisis de las variables que intervienen en la práctica. Un estudio integrado*. Tesis doctoral, Universidad de Huelva. Huelva.
- Imbernón F., (2019). *La formación del profesorado de Educación Secundaria: La eterna pesadilla*. Profesorado: Revista de currículum y formación del profesorado. Vol 23, Nº 3. ISSN: 1138-414X.

- Arribas, Sanjosé., (s.f). *La estructura de las Leyes de Newton: Un enfoque alternativo*.
- Losada M.A., Giletto C. M., Murias Javier A., Van Gool M.E., Casinno M.N., Silva S.E. (2010). *Innovación pedagógica para las clases de laboratorio de física*. Revista de Enseñanza de la Física. Vol 23, Nº 1 y 2. 95-108.
- Libedinsky M., (2014). *La innovación en la enseñanza como resolución de problemas*. Fundación Evolución: Educación-Tecnología-Innovación.
- Gómez D., Mebarak M., Fontalvo J.E., Anaya M.J. (2017). *Autoeficacia ante una implementación de aprendizaje basado en proyectos*. Aulas Develadas 2: La práctica, con investigación, se cambia. 93-115.
- Toledo P., Sánchez J.M. (2018). *Aprendizaje basado en proyectos: Una experiencia universitaria*. Profesorado: Revista de curriculum y formación del profesorado. Vol 22, Nº 2. ISSN: 1138-414X.
- González, T. (2020) *Modelos de Aprendizaje*. “recuperado de” Sapiencia aprendiendo. Sitio web: <https://www.estilosdeaprendizaje.org/modelos-de-aprendizaje.htm> [18 de junio de 2020]
- Rodríguez, A. (2019). *Modelos pedagógicos de enseñanza (tradicionales y actuales)*” recuperado de” lifeder.com. Sitio web: <https://www.lifeder.com/modelos-pedagogicos/> [18 de junio de 2020]
- Anónimo. (2011). *Perspectivas teóricas sobre el aprendizaje y la enseñanza*. “recuperado de” Revista digital para profesionales de la enseñanza. Sitio web: <https://www.feandalucia.ccoo.es/docu/p5sd8624.pdf> [18 de junio de 2020] ISSN:1989-4023.
- Anónimo. (2011). *Modelos por Investigación*. “recuperado de” grupo5educativa. Sitio web: <https://grupo5educativa.wordpress.com/2011/05/08/modelos-educativos-2/> [18 de junio de 2020]
- Anónimo. (2010). *Qué es Aprendizaje Basado en Investigación*. “recuperado de” Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Sitio web: http://sitios.itesm.mx/va/dide2/tecnicas_didacticas/abi/qes.htm [18 de junio de 2020]