



**TRABAJO DE FINAL DE GRADO
FACULTAD DE EDUCACIÓN**



**APLICACIÓN DE UNA EXPERIENCIA CON COCHES DE RADIOCONTROL
PARA LA ENSEÑANZA DEL CONCEPTO DE FUERZA EN 5º DE PRIMARIA.**

NOMBRE ALUMNO/A: JOSÉ ANTONIO
VÁZQUEZ ALFONSO
NOMBRE DIRECTOR/A DE TFG: GUADALUPE
MARTÍNEZ BORREGUERO
ÁREA O DPTO: DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS
EXPERIMENTALES Y DE LAS MATEMÁTICAS
GRADO EN MAESTRO DE EDUCACIÓN PRIMARIA
4º CURSO

CURSO 2015 / 2016
BADAJOZ
Convocatoria: Septiembre

ÍNDICE

	Pág.
1. Resumen/Abstract.....	5
2. Introducción.....	7
3. Marco teórico.....	9
3.1. Enseñanza de la ciencia general y de la física.....	9
3.2. Contexto curricular.....	11
3.3. Ideas previas del alumnado sobre el concepto de fuerza.....	12
3.4. Metodología y estrategias para la enseñanza de la ciencia.....	14
3.5. Concepto de fuerza en el currículum de Educación Primaria.....	17
4. Metodología.....	18
4.1. Objetivos.....	18
4.2. Planteamiento de la investigación.....	20
4.3. Hipótesis.....	21
4.4. Muestra.....	23
4.5. Instrumentos de evaluación.....	24
4.5.1. Pre-test.....	24
4.5.2. Cuestionario final.....	29
5. Descripción de la experiencia.....	33
6. Resultados y discusión.....	37
6.1. Resultados en el cuestionario inicial.....	37
6.2. Resultados en el cuestionario final.....	40
6.3. Comparación de resultados.....	42
6.4. Discusión.....	45
7. Conclusiones.....	47
8. Referencias bibliográficas.....	48

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Test previo a la experiencia con coches radiocontrol.....	25
Figura 2: Resolución de diagrama de fuerzas de la pregunta 1 del test previo.....	26
Figura 3: Representación como diagrama de fuerzas del peso.....	28
Figura 4: Cuestionario final.....	30
Figura 5: Coches radiocontrol utilizados en la experiencia central del trabajo.....	33
Figura 6: Representación gráfica de resultados del pre-test por preguntas.....	38
Figura 7: Representación gráfica de resultados del pre-test por alumnos.....	39
Figura 8: Representación gráfica de resultados del cuestionario final por preguntas.....	40
Figura 9: Representación gráfica de resultados del cuestionario final por alumnos.....	41
Figura 10: Representación gráfica comparativa de resultados de pre-test y cuestionario final.....	42
Figura 11: Gráfico de frecuencia de las notas del pre-test.....	44
Figura 12: Gráfico de frecuencia de las notas del cuestionario final.....	44

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Datos para el cálculo de la prueba T para muestras relacionadas de comparación de medias.....	43
Tabla 2: Resultados de la muestra T para muestras relacionadas de comparación de medias.....	43

1. Resumen.

En esta investigación se pretende mejorar el aprendizaje de conceptos básicos de fuerzas mediante una experiencia con una didáctica innovadora. La experiencia es llevada a cabo en el colegio Arias Montano de Badajoz, con un grupo de 23 alumnos de quinto curso de educación primaria. Para llevar a cabo la investigación, se usarán dos pruebas alrededor de la experiencia: una anterior y otra posterior (pre-test y cuestionario final). Estas pruebas determinarán el nivel de conocimientos del que se parte en el caso del pre-test, y el nivel de aprendizaje que se ha adquirido tras la experiencia en el caso del cuestionario final. A parte del nivel de conocimientos, con el pre-test se detectan ideas previas de los alumnos en torno a conceptos básicos de fuerzas.

La experiencia consistirá en la explicación de conceptos básicos de fuerzas, utilizando coches de radiocontrol para ello, de manera que los alumnos puedan hacer una observación directa.

Los resultados recogidos en el cuestionario final indican que se produce una mejoría del aprendizaje y de la concepción de las fuerzas a partir de la experiencia diseñada en este trabajo, habiendo arrojado el pre-test unos conocimientos de fuerzas escasos, a pesar de haber sido trabajados con anterioridad.

Palabras clave: fuerza, física, innovación didáctica, educación primaria, aprendizaje significativo.

Abstract

This research aims to improve the learning of basic concepts of forces through an innovative educational experience. The experience is held at Arias Montano school from Badajoz, with a group of 23 students from the fifth grade of primary school. To carry out this research, two tests around the experience will be used (a pre-test before the experience, and a final questionnaire before the experience). These tests will determine the starting level of knowledge of in the case of pre-test, and the level of learning that has been gained from the experience in the case of the final questionnaire. With the pre-test previous ideas of students about basic concepts of forces are detected, as well as knowledge level.

Experience will consist in explaining basic concepts of forces, using radio control cars for it, so that students can make a direct observation.

The results collected in the final questionnaire indicate that an improvement in learning and understanding of the forces from the experience designed in this research is produced, taking in account that the pre-test shows some limited knowledge of forces from pupils, despite having been worked previously.

Keywords: force, physics, didactic innovation, primary education, significant learning

2. Introducción

La temática del presente trabajo de Fin de Grado fue elegida por ser un tema de interés para el autor del trabajo, el cual tiene inclinación hacia la enseñanza de las ciencias, y más concretamente hacia la enseñanza de la física, la cual es muy influyente en la afición al motociclismo y al mundo del motor en general que le caracteriza.

Ambas tendencias han tenido un punto de inflexión en el presente trabajo, pues en él se tratará sobre cómo enseñar conceptos básicos de fuerzas en Educación Primaria a través de una experiencia relacionada con el mundo del motor.

Dichos conceptos físicos básicos de fuerzas están comprendidos en el área de Ciencias Naturales, en el actual currículum de Educación Primaria de la comunidad autónoma de Extremadura, lo cual justifica la elección de este tema en concreto, comprendido dentro de la línea de Trabajo de Fin de Grado asignada al autor del presente trabajo: Didáctica del conocimiento del medio natural en Educación Primaria.

En el proyecto inicial, dicha experiencia pretendía consistir en una actividad realizada en un karting, en la cual se darían unas directrices a los niños, para realizar una observación sobre cómo actúan las fuerzas sobre el kart y sobre ellos mismos durante una tanda de 10 minutos de karting, con la intención de realizar un aprendizaje significativo basado en experiencia, pero llevar a cabo dicho proyecto no fue posible, ya que no contaba con la autorización del director del centro en el que estudian los “sujetos del experimento”.

La experiencia alternativa, la cual a la postre ha sido la definitiva, consistía en un proyecto parecido al original, con la diferencia de que el lugar de realización sería el aula-clase, y sustituyendo los karts por coches de radio-control. En esta experiencia sigue habiendo un aprendizaje significativo, pero ya no a través de la experiencia vivida, sino a través de la observación.

Dicha experiencia ha sido llevada a cabo con alumnos de quinto curso de Educación Primaria del colegio Arias Montano de Badajoz.

Entre estos alumnos, hay algunos con adaptaciones curriculares significativas, además de sesiones de refuerzo, por tanto. A pesar de ello, el nivel general del grupo-clase es el normal para un curso de quinto de Primaria.

En el año anterior al desarrollo de este proyecto, los alumnos ya han tenido un acercamiento a los conceptos en los que se fundamenta este trabajo, dando nociones muy generales en la asignatura de conocimiento del medio natural del curso anterior. Pero la manera de adquirir ese conocimiento no fue tan estimulante ni motivante para ellos como puede ser la manera propuesta en este trabajo, la cual puede ser más eficaz que la didáctica tradicional.

3. Marco teórico.

3.1. Enseñanza de la ciencia general y de la física.

Es mucho lo que se ha investigado en torno a la enseñanza de las ciencias en Educación Primaria y la alfabetización científica en general, lo cual sirve de base para el presente trabajo.

El punto de partida de la enseñanza en general (y de las ciencias en particular) es el modelo de transmisión de conocimientos. Dicho modelo consiste en la transmisión de la información puramente, es decir, sin una visión práctica de la materia e información transmitida. En dicho modelo, no están contempladas competencias ni procedimientos, solamente la transmisión de información, por lo que es un modelo, en el momento presente, obsoleto, ya que el currículum escolar evalúa procedimientos, actitudes y competencias más allá de los conocimientos teóricos.

El modo en el que los conocimientos científicos se han ido transmitiendo a lo largo del tiempo, ha ido cambiando, en cierto modo, adaptándose al paradigma científico de cada época. Las metodologías en la enseñanza de las ciencias están condicionadas por los paradigmas ó modelos científicos en los que han de basarse. Esta es la clave de la enseñanza-aprendizaje de las ciencias: el modelo científico.

Según Justi (2006), el modelo actual no sólo quiere transmitir conceptos científicos, sino que pretende que el alumno comprenda el modelo en sí y su relación con la naturaleza de las ciencias, a la vez que aprende la manera de razonar científica, de una forma crítica, creando así herramientas para que los alumnos se enfrenten de manera crítica a situaciones que tengan relación alguna con las ciencias. A priori, este modelo incita a pensar que cuenta con el alumno como individuo, pero no es un hecho.

Acevedo-Díaz, Mannasero y Vázquez-Alonso (2005) hablan de la importancia de los factores afectivos y sociales a la hora de diseñar un modelo, currículum ó metodología.

Según estos tres autores, se produce una contrapuesta de *seducción y desencanto* aludiendo a factores sociales y de percepción e imagen del concepto de ciencia. Los alumnos perciben la ciencia como algo aburrido y elitista, sin tener en cuenta su utilidad en la vida diaria e incluso en el ocio. Es por este motivo por el cual ha sido diseñada la experiencia de este trabajo de fin de grado: es una manera de acercar a los alumnos a la ciencia, viendo la implicación que tienen las ciencias en general, y la física en particular, en algo que a los alumnos puede resultarle atrayente, como puede ser un kart o un coche radiocontrol.

El modelo seguido para la enseñanza de ciencias, aplicado de manera más específica al campo de la física ha sido estudiado por Etchartea y Adúriz-Bravo para la III Conferencia Latinoamericana del International History, and Philosophy of Science Teaching Group (2014). En su artículo, se habla de un seguimiento del modelo científico por parte del campo de la física, siguiendo su desarrollo conceptual a lo largo de la historia. En los inicios de la enseñanza de la física, se habla de una base que cimienta la transmisión de conocimientos sobre física: las teorías sobre la mecánica (dentro de la cual se sitúa la cinemática, que es el objetivo de este trabajo). La mecánica es, según estos dos autores, *el pilar de la comprensión física del mundo*. Proponen los cambios generados por las fuerzas en el movimiento como una enorme fuente de recursos para la enseñanza de la física.

Evolucionando la enseñanza de la física con el tiempo, llegamos a nuevos modelos, en los que el modelo de transmisión de conocimientos queda incompleto o es insuficiente. Con la llegada del constructivismo y los avances de la psicología a la enseñanza en general, y a la enseñanza de la física en particular, tenemos un nuevo modelo en el que la transmisión del conocimiento ya no es lo más importante o lo único que importa, sino que son tenidas en cuenta las características de las formas de aprendizaje de los alumnos. En el ensayo de Diosa (2012) es llevada a cabo una experiencia, en la que se invierte el esquema de enseñanza de la física: se analiza el movimiento a través de gráficas en vez de recurrir a las fórmulas tradicionales, pretendiendo un aprendizaje significativo de conceptos del movimiento. Además, Diosa integra medios tecnológicos y trabajo colaborativo en las actividades

planteadas, con un resultado positivo en la mejora de comprensión de los conceptos físicos trabajados.

En esta línea de trabajo, Martínez (2015) hace un estudio basado en este nuevo modelo, centrado en las características de los alumnos. En la experiencia que diseña, usa un dispositivo de videojuegos (Wiimote) como herramienta para el aprendizaje de conceptos de cinemática. El resultado es muy positivo, ya que los alumnos asimilan mejor conceptos y procedimientos de este modo, con la ventaja de no ser tan costoso como un laboratorio de física. Con esta experiencia el autor considera haber creado una imagen en los alumnos que puede ayudarles en la interacción con el mundo físico. La experiencia diseñada en el presente trabajo sigue este último modelo.

3.2. Contexto curricular.

Una vez situado este trabajo en el panorama teórico en cuanto a estudios e investigaciones se refiere, es pertinente situarlo dentro de la ley que rige la Educación Primaria, nombrada como LOMCE. No se va a hacer directamente con dicha ley publicada en el BOE, sino a través del decreto publicado en el DOE que regula el currículum de Educación Primaria en la comunidad autónoma de Extremadura, el cual está subordinado a la LOMCE. Antes de entrar en materia de contenidos de ciencias en el currículum, ya podemos observar que una de las competencias básicas es la competencia en ciencia y tecnología (adjunta a la competencia matemática), con lo que se puede apreciar la importancia de la enseñanza de la ciencia en la Educación Primaria. También es parte de los objetivos generales: *conocer los aspectos generales de las ciencias de la naturaleza (objetivo h del artículo 3 del decreto 103/2014 de Extremadura)*.

Como consecuencia de la bifurcación de los contenidos de la asignatura de conocimiento del medio natural de la precedente legislación, existe ahora una asignatura dedicada íntegramente a la enseñanza de las ciencias: ciencias de la naturaleza. Su definición exacta es área troncal, y es dividida en cinco bloques. Estos bloques se repiten en cada uno de los seis cursos de la etapa de primaria, con un diseño *en espiral*, en el que cada bloque es ampliado en cada curso que se asciende. A lo largo de toda la etapa de primaria, en los

bloques se trabajan aspectos básicos de diversas ciencias (física, química, biología y geología; así como educación para la salud y conservación del medio natural). Estos bloques son: iniciación a la actividad científica, el ser humano y la salud, los seres vivos, materia y energía, y por último, la tecnología, objetos y máquinas. Estos contenidos están numerados, en el orden expuesto en la frase anterior, como bloques 1, 2, 3, 4 y 5.

Según el decreto 103/2014 de Extremadura, este área tiene su razón de ser en el objetivo de que el alumno sepa y tenga herramientas para interactuar con el mundo físico, ligado a la tecnología, pues el avance de la tecnología ha repercutido mucho tanto en el entorno, como en la vida diaria de la sociedad (de ahí la importancia que se da a la ciencia, base para la tecnología, por lo que ambas están íntimamente relacionadas).

3.3. Ideas previas del alumnado sobre el concepto de fuerza.

Habiendo enmarcado legislativamente la enseñanza de las ciencias, procede el análisis de la parcela más específica de la que trata este trabajo: la física, y más concretamente, la cinemática.

El primer paso para ello, es analizar la situación epistemológica de los alumnos previa a la enseñanza de conceptos relacionados con las fuerzas. Muchas veces, esos conocimientos previos no son ciertos, tienen una visión inexacta de los conceptos o se confunden entre vocabulario *normal* y vocabulario científico. A este fenómeno se le conoce como ideas previas o alternativas. A pesar de ser ideas muchas veces equivocadas, Sebastia (1984) considera que el aprendizaje es una interacción entre esas ideas previas y las explicaciones de los docentes.

Las ideas previas tienen por causa la necesidad de los alumnos de explicar fenómenos que se dan en la naturaleza, la resolución de hipotéticos problemas, y por ser necesarias para resolver situaciones cotidianas. Estas situaciones, a través de la experiencia, crean en los alumnos las ideas previas, por la interpretación de fenómenos de la naturaleza y de conceptos de la ciencia que ellos mismos hacen, para intentar explicar causas y hacer esquemas mentales que relacionen las situaciones que los alumnos

experimentan, según Osborne y Freyberg (1991). Pero no todos los factores que influyen en la formación de ideas previas son puramente procedentes de la experiencia y los esquemas mentales propios del individuo. Factores sociales, culturales ó el contexto en el que el individuo está sumergido pueden tener una gran influencia a la hora de la formación de las ideas previas, según Lacolla (2005), que incluso habla de ideas previas como representaciones sociales.

Mora y Herrera (2008) recopilan varias ideas previas bastante frecuentes, sacadas de los resultados de los test hechos por Halloun y Hestenes (1985).

- *Cuando un objeto se encuentra sobre una superficie, ésta lo único que hace es sostener el objeto, evitando así que éste se mueva.*
- *Los obstáculos pueden redireccionar o detener el movimiento, pero ellos no pueden ser agentes que apliquen fuerzas.*
- *Los objetos para caer no requieren fuerza, ya que ellos siempre quieren ir hacia abajo.*
- *En el instante en el que se suelta una pelota, sobre ella no actúa fuerza alguna.*
- *Una fuerza constante produce una velocidad constante, expresada como $F=mv$.*
- *Una fuerza no puede mantener un objeto acelerado indefinidamente.*
- *Una fuerza no puede mover un objeto, a menos que éste sea mayor que el peso o la masa del objeto.*

Aparte de estos preconceptos erróneos, también hay ideas previas sobre física por la no diferenciación del lenguaje cotidiano respecto a conceptos científicos, como puede suceder con los conceptos potencia, velocidad, aceleración, inercia, peso, masa, energía e incluso fuerza. De hecho, el concepto más importante, fuerza, es usado con distintos significados y haciendo alusión a muy variados conceptos. Un error muy común es confundir los conceptos de fuerza y trabajo. Otro concepto principal para la experiencia diseñada en este trabajo, y que también es extensamente confundido por su uso en el lenguaje cotidiano, es el concepto de peso. La palabra peso es utilizada como sinónimo de masa, la cual es influyente para el peso, pero no es

un sinónimo como tal, pues para calcular la masa no es necesaria la intervención de la fuerza de la gravedad, mientras para el peso la gravedad es un factor que lo compone.

García y Rodríguez (1988) hablan de la necesidad de que se produzca un cambio conceptual de esas ideas previas o alternativas, como una fase necesaria en el proceso del aprendizaje significativo del alumno.

Estas ideas alternativas, junto a factores de motivación, son condicionantes muy influyentes a la hora de enseñar ciencias.

3.4. Metodologías y estrategias para la enseñanza de la ciencia.

La enseñanza de las ciencias, ha cambiado con los distintos paradigmas científicos, basándose en el método científico, cuyo concepto ha ido evolucionando.

Pozo (1998) hace hincapié en el cambio conceptual como base de la enseñanza-aprendizaje de la ciencia, y lo hace mostrando una imagen diferente del concepto empírico que se tiene de la ciencia, en el que se obtienen datos para analizar la naturaleza. Pozo propone una nueva imagen de la enseñanza-aprendizaje de la ciencia en la que la simulación toma un papel muy relevante, pues es la actualización del experimento (base para el método científico).

Hodson (1985) establece que está bastante extendida una visión errónea del método científico, en la que hay una concepción inductivista del mismo, donde se deja de un lado la creatividad del alumno como herramienta para el cambio conceptual de ideas previas.

Basándose en Hodson, Gil (1986) propone unas directrices de la manera de aprender del alumno, que son recogidas dentro de las principales metodologías que recogen Campanario y Moya (1999). Esas directrices son la importancia de las ideas previas como base para el cambio conceptual, que el alumno encuentre sentido a los nuevos conceptos, construcción activa de significados y la consciencia del alumno sobre el proceso de aprendizaje.

Centrándose en el modo de enseñar ciencias, Campanario y Moya (1999) distinguen, en su artículo de investigación didáctica, cuatro modos principales de llevar a cabo la enseñanza de ciencias, los cuales cuentan con diferentes metodologías alternativas a la metodología tradicional y repetitiva del modelo de transmisión de conocimientos. Esas metodologías son:

Aprendizaje por descubrimiento. Esta metodología pretende una participación activa del alumno, que es puesto en una situación abierta en la que, de alguna manera, “crea” unos principios científicos. El alumno crea sus propias hipótesis, para después confrontarla con la situación a la que ha sido expuesto, comprobando así la certeza de sus propias teorías, descubriendo teoría científica al contrastar las ideas previas con la realidad.

Enseñanza basada en el uso de problemas. A lo largo de las unidades didácticas programadas con esta metodología, el alumno debe resolver una secuencia de problemas, dispuestos y seleccionados de tal manera que produzcan un aprendizaje significativo para el alumnado. Bajo esta corriente, problema es un concepto más amplio del que normalmente se entiende, en el que se incluyen experimentos, observaciones, clasificación, y toda aquella tarea usada para el método científico, y que a su vez pueden usarse como herramienta de resolución de problemas.

Cambio conceptual como base del constructivismo. Como su nombre indica, esta metodología usa como base la teoría psicológica del constructivismo. Usando este método, se ha de dar lugar a que el alumnado exponga sus ideas previas o alternativas, para que, usando un razonamiento crítico, construya una nueva concepción del mundo. Para que este tipo de aprendizaje tenga lugar, deben cumplirse unas condiciones: no estar convencido completamente de los conceptos anteriores, que los nuevos conceptos sean inteligibles (que puedan ser usados para estructurar experiencias anteriores), que los nuevos conceptos parezcan plausibles, y que el nuevo concepto dé un nuevo punto de vista que abra la posibilidad de seguir explorando.

Con esta metodología no solamente debe estar implicado activamente el alumno, sino también el profesor, cuyo cometido en gran parte será animar al alumno a exponer las ideas previas y a buscar una nueva concepción de esas ideas. Será muy importante usar el debate, en el cual deben tener un gran peso las ideas previas.

Investigación dirigida: esta metodología defiende que la diferencia entre la enseñanza-aprendizaje y la manera de construir conocimiento de la ciencia es un problema, pues el aprendizaje se limita a repetir unos conocimientos y/o procedimientos. Por tanto, este método debe usar la manera de avanzar de la ciencia para avanzar en la enseñanza-aprendizaje de la ciencia (vélgase la redundancia). Para ello, deben seguirse unos pasos parecidos a los del método científico.

El primer paso es plantear una situación problemática que pueda resultar interesante para el alumnado, de la que también puede haber una preconcepción

En el segundo paso, los alumnos deben trabajar en grupo, y estudiar de una manera cualitativa la situación propuesta. Usando información y bibliografía, los alumnos acotarán el problema y expondrán sus ideas.

El tercer paso será la realización de una hipótesis y la comparación de las hipótesis entre los grupos de la clase. La discusión de hipótesis puede llevar a que los alumnos se planteen algunas nuevas.

El último paso consiste en aplicar los conocimientos obtenidos a nuevas situaciones, de manera que los alumnos podrán profundizar en ellos e interiorizarlos.

Además de aprender teoría científica, con este método se adquieren herramientas para la investigación y para el aprendizaje en sí.

3.5. Concepto de fuerza en el currículum de Educación Primaria.

Para concluir con el marco teórico, se va a llevar a cabo un análisis del concepto de fuerza en el currículum de Educación Primaria (decreto 103/2014 de Extremadura), por ser el concepto más importante de este trabajo.

En primer lugar, encontramos fuerza como contenido del bloque cuatro (materia y energía). Concretamente, el contenido es *predicción de cambios en el movimiento o en la forma de los cuerpos por efecto de las fuerzas* (pág. 18998 del decreto 103/2014 de Extremadura). Este contenido es muy próximo a la definición del concepto de fuerza, por tanto este concepto toma gran importancia dentro del área de conocimiento del medio natural. Aunque es un contenido que se trabaja a lo largo de toda la etapa de Primaria, se va profundizando en el concepto y acercándose a la definición concreta a medida que se va ascendiendo de curso, debido al diseño “en espiral” del currículum. Se parte desde estándares de aprendizaje evaluables más sencillos llegando a otros más complejos. En el primer curso nos encontramos con el estándar “*planifica y realiza sencillas experiencias y predice cambios en el movimiento, en la forma o en el estado de los cuerpos por efecto de las fuerzas o del calor*” (pág. 18988 del decreto 103/2014 de Extremadura). Este estándar va completándose a lo largo de los seis cursos, hasta llegar a ser en el último “*planifica y realiza sencillas experiencias y predice cambios en el movimiento, en la forma o en el estado de los cuerpos por efecto de las fuerzas o de las aportaciones de energía, comunicando el proceso seguido y el resultado obtenido*” (pág. 19009 del decreto 103/2014). En este último estándar el concepto es completado con otro muy relacionado, que es una parte muy importante de la física, como es la energía, parte fundamental también de la cinemática y la mecánica. Ya que el estudio de la fuerza es parte de la mecánica, es importante también el análisis de esa parte de la ciencia en el currículum de Educación Primaria.

El concepto de mecánica sólo aparece en los dos últimos cursos (quinto y sexto), dentro del bloque cuatro: materia y energía. Por contra a la fuerza, no aparece como un contenido, sino que aparece como un estándar de aprendizaje evaluable, siendo igual para los dos cursos en los que aparece:

“identifica y explica algunas de las principales características de las diferentes formas de energía: mecánica...” (pp. 18998 y 19009 del decreto 103/2014 de Extremadura). El concepto de energía mecánica, en definitiva, no es otra cosa que la cuantificación de una fuerza o un conjunto de fuerzas que actúan sobre un cuerpo.

Estos conceptos podrían ligarse también al bloque de tecnología, objetos y máquinas por varios motivos. El primero es que para comprender el funcionamiento de algunas máquinas es necesario el concepto de fuerza y/o conocer cómo y qué fuerzas actúan en ellas. Otra razón es que para comprobar algunas características de objetos y materiales, como la escala duro-blando o la resistencia, es necesaria la comprobación mediante algún tipo de fuerza. Y el último y más importante motivo, es que muchas máquinas producen un trabajo mecánico, y para estudiarlos, es necesaria una buena comprensión y conocimiento de las fuerzas, de cómo pueden actuar y de los factores que intervienen en ellas.

4. Metodología.

En este apartado se exponen las que han sido las directrices para la realización de la experiencia llevada a cabo en este trabajo, así como el modo en el que se ha llevado a cabo, la muestra escogida y los instrumentos usados para la cuantificación del éxito de la experiencia.

4.1. Objetivos

El objetivo principal de este trabajo fin de grado es demostrar que a través de una experiencia en la que son usados coches de radiocontrol, puede producirse un aprendizaje de conceptos básicos de física en educación primaria más efectivo que mediante un método didáctico tradicional.

Con este trabajo también se persiguen varios objetivos específicos, enumerados a continuación, los cuales están orientados a la consecución del objetivo principal. Los objetivos específicos de este trabajo fin de grado son:

- Objetivo Específico 1 (OE1): Mejorar el aprendizaje en el alumnado de educación primaria del concepto de fuerza, y de las fuerzas básicas que podemos encontrar en cualquier situación: fuerza aplicada, fuerza de rozamiento, fuerza normal y peso.

- Objetivo Específico 2 (OE2): Identificar las ideas previas del alumnado en lo que respecta al concepto de fuerza y de las fuerzas de rozamiento, aplicada, normal y peso.
- Objetivo Específico 3 (OE3): Diseñar y aplicar una experiencia didáctica con coches de radiocontrol para la enseñanza del concepto de fuerza en 5º de primaria.
- Objetivo Específico 4 (OE4): Comprobar la validez didáctica de la experiencia desarrollada con coches de radiocontrol en el presente trabajo de fin de grado.
- Objetivo Específico 5 (OE5): Cuantificar los resultados obtenidos en el test anterior y en el test posterior a la experiencia para llegar a conclusiones sobre la utilidad de la experiencia desarrollada en este trabajo de fin de grado.

En cuanto a los objetivos didácticos que se persiguen en la experiencia de aula llevada a cabo con el alumnado de quinto curso de primaria del colegio Arias Montano de Badajoz son:

- Objetivo Didáctico 1 (OD1): Distinguir entre fuerzas y conceptos relacionados con las fuerzas que no lo son, como la velocidad.
- Objetivo Didáctico 2 (OD2): Identificar las fuerzas que intervienen en situaciones de la vida cotidiana, como el peso, fuerza normal, fuerza aplicada y fuerza de rozamiento.
- Objetivo Didáctico 3 (OD3): Comparar fuerzas de diferente intensidad o fuerzas de una misma intensidad aplicadas a objetos distintos.
- Objetivo Didáctico 4 (OD4): Observar los efectos producidos por las fuerzas, para hacer predicciones en un experimento.

4.2. Planteamiento de la investigación.

Esta investigación surge por la confluencia de las aficiones del autor al mundo del motor (en el que es muy importante la física) y a la didáctica. De ello surge la posibilidad de la enseñanza de la física a través de los coches.

Las preguntas de investigación que han guiado este trabajo fin de grado han sido las siguientes: ¿cómo se podría mejorar la enseñanza del concepto de fuerza en el alumnado de educación primaria? ¿Sería posible mejorar la enseñanza y el aprendizaje de conceptos de fuerza en el alumnado de quinto de primaria de una manera más atractiva para el alumnado, a través de una experiencia más amena que una tradicional exposición de contenidos?

Para dar respuesta a este planteamiento, se consideró que sería adecuado trabajar con coches de radiocontrol que captasen la atención del alumnado, para hacerles atractivo el aprendizaje de los conceptos de fuerza y las fuerzas más básicas, e intentar así mejorar el aprendizaje de dichos conceptos, así como la visión y concepción que el alumnado tiene de la física. Para ello, en el presente trabajo se ha diseñado una experiencia con coches de radiocontrol, la cual ha sido llevada a cabo en tres fases:

- Con el propósito de alcanzar el OE 2 planteado en este trabajo fin de grado, redactado en el apartado anterior de la presente memoria, se diseñó un *Pre-test* como primera fase de la experiencia. Esta fase consiste en un test previo a la experiencia, en el que se averigua la situación epistemológica con respecto a la física de los alumnos antes de la experiencia. Estos resultados serán fruto de la didáctica tradicional con la que los alumnos han trabajado con anterioridad conceptos básicos de física. La cuantificación de los resultados del pre-test serán los datos con los que se comparen los resultados finales para sacar conclusiones acerca de la experiencia y conseguir el OE4 redactado en el apartado anterior al presente.

- La consecución del OE3 se realiza mediante la segunda fase: la experiencia. Esta es la fase central del proceso. En ella se lleva a cabo una experiencia en el aula-clase en la que se utilizan coches de radiocontrol para explicar conceptos básicos de física. Es en esta fase donde se pretende que

los alumnos adquieran un aprendizaje significativo sobre los conceptos básicos que van a trabajarse, por lo que también en ella se pretende conseguir el OE1.

- Para cumplir con el OE5, se diseñó un cuestionario final, como tercera fase de la aplicación didáctica. En esta última fase los alumnos rellenarán un cuestionario con preguntas sobre conceptos trabajados en la experiencia. Los datos que arrojen la cuantificación de la corrección de este cuestionario serán los resultados con los que se compararán los datos del *pre-test* para determinar el grado de éxito que tendrá la experiencia. Este test es contestado por los alumnos varios días después de la realización de la experiencia, sin previo aviso, de manera que los alumnos no hayan preparado el test y las respuestas sean *naturales y espontáneas*, de manera que los resultados no se vean alterados y el aprendizaje que se demuestre en este cuestionario sea significativo y real, y no simple conocimiento repetitivo.

4.3. Hipótesis.

Las hipótesis que se pretenden comprobar con este trabajo van en consonancia con los objetivos específicos anteriormente enumerados. Estas hipótesis tienen en común la mejora del aprendizaje a través de una experiencia y observación directa frente a una exposición didáctica teórica tradicional. Dichas hipótesis son las siguientes:

- Hipótesis 1 (H1): A través de la observación de efectos de las fuerzas en una experiencia motivante, se produce un mejor aprendizaje del concepto de fuerza y de las fuerzas básicas.

Las fuerzas básicas mencionadas en la H1 son las que actúan normalmente en un cuerpo (fuerza aplicada, fuerza de rozamiento, fuerza normal y peso) cuyo aprendizaje se compara con una clase de exposición teórica del modelo de transmisión de conocimientos. Esta hipótesis está relacionada con el OE1 y el OE3. Esta H1 puede subdividirse en tres subhipótesis, enumeradas a continuación.

- Hipótesis 1.1 En la observación de los efectos de las fuerzas sobre un objeto interesante para alumnos de educación primaria, éstos pueden diferenciar fuerzas de otros factores que no lo son.

Un ejemplo de un factor que pueden diferenciar los alumnos en la observación es la velocidad, mediante la demostración práctica de ello. Esta distinción no suele hallarse en las ideas previas de los alumnos, por lo que esta subhipótesis tiene relación con el OE2.

- Hipótesis 1.2 En una experiencia con coches radiocontrol, alumnos de educación primaria son capaces de comparar magnitud y efectos de distintas fuerzas.

Estas comparaciones serán tanto de los efectos de una fuerza de magnitud similar sobre dos cuerpos de diferente masa (los dos coches radiocontrol), como de fuerzas de diferente magnitud. Puede relacionarse esta subhipótesis con los OE1, OE2 y OE3.

- Hipótesis 1.3 A través de la observación del efecto de fuerzas, alumnos de educación primaria podrán hacer predicciones sobre efectos de fuerzas en un experimento sencillo.

Los alumnos podrán predecir el comportamiento que los coches de radiocontrol tendrán al aplicarles determinadas fuerzas en un experimento sencillo, es decir, serán capaces de crear sus propias hipótesis. Esta subhipótesis guarda relación con los OE1, OE2 y OE4.

- Hipótesis 2 (H2): Mediante el uso de pre-test y cuestionario, puede cuantificarse el nivel epistemológico de los alumnos, anterior y posterior, a la experiencia.

Mediante esta hipótesis, se expresa la intención de evaluar el nivel de comprensión de los conceptos de fuerzas de los alumnos antes y después de la experiencia propuesta en la presente memoria, cuantificándolo mediante unos test respondidos por los alumnos antes y después de la experiencia central de este trabajo. Con ello se busca la comparación de resultados de ambos test, para evaluar la

utilidad de la experiencia diseñada en este trabajo. Esta hipótesis está íntimamente relacionada con los OE4 y OE5.

La veracidad de estas hipótesis será demostrada o desmentida mediante el cuestionario que los alumnos deben completar tras la experiencia.

4.4. Muestra.

La muestra con la que va a ser realizada la experiencia diseñada en este trabajo está compuesta de 23 alumnos de quinto curso de educación primaria, pertenecientes al colegio público Arias Montano, situado cerca del centro de Badajoz. Tienen una edad comprendida entre los 10 y los 11 años en el momento en el que se lleva a cabo la experiencia base para este trabajo. Del total de 23 alumnos, 14 de ellos son alumnos y 9 son alumnas.

El contexto socioeconómico y cultural en el que viven los sujetos es de un nivel medio-alto. El grueso de los padres tiene, al menos, titulación académica básica (título de Enseñanza General Básica), y en algunos casos, los padres son titulados universitarios. La ciencia es vista por los padres de los sujetos como algo necesario para el futuro académico de sus hijos; a pesar de ello, los sujetos no sienten una motivación excesivamente alta en relación al aprendizaje de las ciencias.

El nivel académico general es bueno, no presentando en general problemas de aprendizaje, excepto tres alumnos, los cuales tienen clases extra de refuerzo educativo y adaptación curricular a un año menos de nivel. El resto de la muestra tiene el nivel académico normal para un curso de quinto de educación primaria.

Los sujetos ya han trabajado en el curso anterior algunos conceptos básicos relacionados con la física que se trabaja en este proyecto, como los efectos que las fuerzas producen en los objetos, la fuerza de rozamiento y la fuerza de gravedad. Por ello, es realizado el test previo a la experiencia para comparar los conocimientos que ya tienen del tema con los adquiridos en la misma.

4.5. Instrumentos de evaluación.

Como se ha explicado en el apartado de objetivos, la experiencia base para este trabajo es llevada a cabo en tres fases. Dos de esas fases consisten en la realización de dos cuestionarios (un *pre-test* antes de la experiencia con los coches y un cuestionario posterior) con la intención de cuantificar los resultados obtenidos con este proyecto y comparar los datos con la situación anterior al mismo de los alumnos. Estos dos cuestionarios son usados como instrumentos de evaluación, para hacer una comparación de resultados y evaluar la validez de este proyecto.

A continuación se analizan esos dos instrumentos de evaluación, haciéndolo pregunta a pregunta.

4.5.1. Pre-test.

El objetivo principal de este test es evaluar la situación epistemológica de los alumnos que van a participar en la experiencia en cuanto a conocimientos básicos de los contenidos relacionados con la física (más concretamente, conocimientos en cuanto a cinemática) que son impartidos en la educación primaria. A la vez, será una toma de contacto con la materia para los alumnos. Los resultados de este test serán la base para analizar cómo han evolucionado los conocimientos en cuanto a los conceptos básicos de física que son trabajados en este proyecto, tras la realización del mismo.

Este test consta de 5 preguntas. El valor, para la corrección, de cada pregunta contestada completamente bien es de dos puntos, sumando un total de diez puntos en el caso de estar completamente bien respondidas todas las preguntas.

En la figura 1 se muestra el test en su totalidad, tal y como ha sido planteado a los alumnos.

TEST PREVIO A LA EXPERIENCIA

Alumno:

Pregunta 1: Define qué es una fuerza. ¿Qué fuerzas hay en la fotografía? Dibújalas.



Pregunta 2: Nombra algunos tipos de fuerzas.

Pregunta 3: ¿Qué fuerza se opone al movimiento de la moto de la pregunta 1?

Pregunta 4: ¿Sabes cuáles pueden ser los cambios que pueden suceder en un cuerpo al ejercer una fuerza sobre él? Identifica cuáles son en estas fotos.



Pregunta 5: ¿Qué es el peso? Dibújalo en la siguiente imagen.



Figura 1 Test previo a la experiencia con coches radiocontrol.

El objetivo de la pregunta 1 de este test es saber si los alumnos conocen ó saben definir qué es una fuerza, así como identificar las cuatro fuerzas básicas que se estudian en educación primaria. El motivo de pedir la identificación de las fuerzas en la fotografía es que los alumnos que no recuerden el nombre de las fuerzas, pero sí saben el concepto de lo que son esas cuatro fuerzas, puedan expresarlo.

La respuesta correcta a la pregunta 1 es que “*la fuerza es una interacción entre dos ó más cuerpos*”. También puede ser valorado, aunque no se pide como respuesta, que se nombre los efectos de las fuerzas sobre los objetos: cambios en la forma o en la velocidad. Las fuerzas que deben nombrarse son las cuatro fuerzas básicas que se imparten en la educación primaria: peso, fuerza normal, fuerza aplicada y fuerza de rozamiento.

En cuanto a la señalización de las fuerzas en la fotografía de la pregunta 1, debe hacerse un diagrama de fuerzas, como se recoge en la figura 2.



Figura 2 Resolución de diagrama de fuerzas de la pregunta 1 del test previo.

Estas fuerzas representadas son, nombradas en el sentido de las agujas del reloj y comenzando desde la flecha que apunta hacia arriba, fuerza normal, fuerza aplicada, peso y fuerza de rozamiento.

La definición de fuerza se valora con un punto si es exacta, y con 0'5 puntos si es aproximada. El resto de la puntuación de la pregunta (1 punto) se consigue si son nombradas y/o dibujadas las cuatro fuerzas básicas.

El objetivo de la pregunta 2 es ampliar la pregunta 1. Se pretende que los alumnos nombren las fuerzas básicas (rozamiento, peso, aplicada y normal), y alguna más que puedan conocer, como la centrífuga por ejemplo. Esta respuesta es abierta, obteniéndose el total de la puntuación de la pregunta si hay un mínimo de cuatro fuerzas. En caso de que no se llegue a cuatro fuerzas nombradas, se valora con 0,5 puntos cada fuerza nombrada.

En la pregunta 3, el objetivo es reconocer si el alumno, además de conocer la fuerza de rozamiento, conoce los efectos que la misma tiene cuando actúa sobre un cuerpo en movimiento.

La respuesta correcta para esta pregunta es que la fuerza que se opone al movimiento en la fotografía de la pregunta 1 es la fuerza de rozamiento (o fricción, que también puede ser una respuesta válida). Si es esa la respuesta del alumno, se califica con dos puntos esta pregunta.

En algunos casos, los alumnos han contestado “fuerza de la gravedad”. Aunque no es la respuesta que se busca con esta pregunta, se puntúa con 0,5 puntos, ya que la fuerza de la gravedad es un factor que influye en la fuerza de rozamiento, pues éste se calcula multiplicando el coeficiente de rozamiento de la superficie por la fuerza normal (para la cual influye la fuerza de la gravedad).

Para la pregunta 4, el objetivo es comprobar si los alumnos conocen cuáles pueden ser los efectos de una fuerza sobre un objeto cuando se aplica dicha fuerza en él. Se pregunta por esos efectos, haciendo que se identifiquen en dos imágenes, las cuales dan una pequeña pista sobre lo que se está preguntando.

En la primera imagen de la pregunta 4 (véase figura 1) la respuesta correcta es que se produce una modificación en la velocidad que tiene el objeto, mientras que en la segunda imagen, la respuesta es que se produce una deformación en el objeto. La calificación es de un punto por la respuesta acertada en cada imagen, pudiendo ser la calificación de 0,5 puntos en cada

imagen si la respuesta es incompleta (si sólo se menciona un aumento o una disminución de la velocidad en la primera imagen; o si la respuesta es que el objeto se rompe en la segunda imagen, ya que un objeto puede deformarse sin romperse).

En la pregunta 5 del test, el objetivo es distinguir si el alumno conoce el concepto de peso (sin confundirlo con la masa, la cual no es una fuerza) y si sabe representarlo como diagrama de fuerzas. Ha sido un error muy común de los alumnos (una idea previa) la confusión entre masa y peso.

La respuesta que se espera es “el peso es la fuerza con la que un objeto es atraído por la Tierra”. No es una definición exacta, pues el peso no sólo se produce en la Tierra, sino en cualquier planeta o *cuerpo celeste*, pero las leyes físicas que se estudian durante la educación obligatoria son las que ocurren en la Tierra; así pues, esta respuesta puede ser dada como válida en educación primaria.

Para la segunda parte de la pregunta, la representación en la imagen debe ser algo parecido a lo que se muestra en la figura 3.



Figura 3 Representación como diagrama de fuerzas del peso.

Para la calificación de esta pregunta, le corresponde un punto a cada parte de la pregunta, pudiendo ser 0,5 puntos la calificación de la primera parte si la respuesta es incompleta, por ejemplo, diciendo solamente que el peso es una fuerza.

4.5.2. Cuestionario final.

La función del cuestionario final es tener constancia de los conocimientos que los alumnos han adquirido tras la experiencia con los coches radiocontrol. Los resultados de este test serán la cuantificación del éxito o fracaso de este proyecto.

El cuestionario final consta de 10 preguntas, las cuales serán valoradas con un punto cada una en caso de ser las respuestas totalmente correctas, sumando un total de 10 puntos como resultado final en un hipotético cuestionario perfectamente respondido.

Al igual que en el caso del test previo a la experiencia, el cuestionario final se expone tal cual ha sido presentado a los alumnos. Puede observarse en la figura 4. Dentro del cuestionario final (véase figura 4) puede encontrarse una fotografía que contiene los dos coches con los que ha sido llevada a cabo la experiencia.

Este cuestionario fue respondido unos días después de haberse llevado a cabo la experiencia, no teniendo los alumnos constancia del mismo hasta el momento en el que se desarrolla. Con este hecho, se intenta que los resultados que los alumnos obtengan en este cuestionario, sea lo más fidedigno posible a los conocimientos reales que han adquirido de forma significativa con la experiencia de los coches.

TEST POSTERIOR A LA EXPERIENCIA

Alumno:



Pregunta 1: ¿Qué entiendes por fuerza?

Pregunta 2: ¿Cuántas fuerzas has podido observar en la experiencia? Nómbralas.

Pregunta 3: ¿A cuál de los dos coches se opone una mayor fuerza de rozamiento? ¿Por qué?

Pregunta 4: ¿Es aproximadamente igual la fuerza aplicada por los motores en ambos coches?

Pregunta 5: ¿Es igual la fuerza normal ejercida sobre ambos coches?

Pregunta 6: ¿El peso de los coches es una fuerza? ¿Por qué?

Pregunta 7: ¿Se opone una mayor fuerza de rozamiento al coche que tarda más en detenerse o al que tarda menos?

Pregunta 8: Si aplicásemos al coche grande la misma fuerza que aplicamos al coche pequeño, ¿se movería igual de rápido que el coche pequeño?

Pregunta 9: ¿La velocidad es una fuerza?

Pregunta 10: ¿Tienen dirección y sentido las fuerzas aplicadas?

Figura 4 Cuestionario final.

El objetivo de la pregunta 1 es comprobar si los alumnos han aprendido a definir el concepto de fuerza. La respuesta correcta es “fuerza es la interacción entre dos ó más cuerpos”. Si es esa la respuesta obtenida, la pregunta se califica con un punto. En algunos casos puede obtenerse 0,25 puntos si no se define la fuerza, pero se nombra algún efecto mediante el que pueda apreciarse una fuerza. También puede darse el caso de que la pregunta se califique con 0,5 puntos si la definición que da el alumno, a pesar de no ser la correcta, se acerca mucho a ella. Pueden ser ejemplos “*es ejercer una fuerza entre dos objetos*” o “*una fuerza se aplica a un cuerpo*”.

La pregunta 2 pretende que los alumnos identifiquen las fuerzas básicas que son impartidas en educación primaria, pidiendo que se nombren las fuerzas que han podido ser observadas en la experiencia con los coches. La respuesta correcta es nombrar las cuatro fuerzas básicas que se explican en la experiencia: peso (también puede admitirse fuerza de gravedad), fuerza normal, fuerza aplicada y fuerza de rozamiento. Cada fuerza que el alumno nombre en esta pregunta, suma 0,25 puntos para la calificación.

La pregunta 3 requiere que el alumno haya observado en la experiencia el efecto que la fuerza de rozamiento tiene sobre los coches. El objetivo es la apreciación de la fuerza de rozamiento. La respuesta correcta es que se opone una mayor fuerza de rozamiento al coche más grande (en la fotografía del cuestionario, el coche de la izquierda), porque tiene un mayor peso (lo cual es el factor determinante para el rozamiento en este caso, pues la superficie sobre la que ruedan los dos coches es la misma, y el material de las ruedas también). Esta pregunta se califica con 0,5 puntos si se responde que al coche más grande se opone un rozamiento mayor, y otros 0,5 puntos si se razona correctamente.

En la pregunta 4 también es necesaria la observación del efecto de una fuerza durante la experiencia, pero en este caso será la fuerza aplicada por los motores de los dos coches. El objetivo de esta pregunta es que los alumnos vean la diferencia de magnitud de la fuerza aplicada en los dos coches. La respuesta correcta es que la fuerza aplicada en los dos coches no es igual, pues es bien distinguible que en el coche más grande el motor aplica una

mayor fuerza. Con esta pregunta puede obtenerse un punto en caso de contestar correctamente.

El objetivo de la pregunta 5 es apreciar otra de las fuerzas que se han tratado: en este caso, la fuerza normal. Para esta pregunta, lo que se persigue no es una observación, sino una deducción. La respuesta correcta es que la fuerza normal ejercida sobre los dos coches no es igual, sino que es mayor la fuerza normal ejercida sobre el coche más grande, debido a su mayor peso. Los alumnos que respondan correctamente a esta pregunta suman un punto.

El objetivo de la pregunta 6 es incidir en la razón de la principal diferencia entre peso y masa: que el peso es una fuerza. La respuesta correcta es que el peso sí es una fuerza, porque es la interacción del coche con la Tierra. Esta pregunta se califica con 0,5 puntos si se responde que el peso sí es una fuerza, y se califica con otros 0,5 puntos si se razona correctamente.

La pregunta número 7 tiene por objetivo que los alumnos deduzcan y saquen conclusiones propias tras la observación del efecto que tiene la fuerza de rozamiento sobre los coches utilizados en la experiencia. La respuesta correcta es que se opone una mayor fuerza de rozamiento al coche que tarda menos en detenerse (a mayor rozamiento, menor cantidad de movimiento). Para esta pregunta se concede un punto si se contesta correctamente.

El objetivo de la pregunta 8 es la observación del efecto de una fuerza aplicada de magnitud similar en cada coche. La respuesta correcta a la pregunta es que el coche grande no se movería igual que el coche pequeño aplicando una fuerza similar a ambos, sino que se movería más lento. Esto es así porque para mover una cantidad de masa mayor a la misma velocidad, se necesita aplicar una fuerza con más newtons. Si la respuesta es acertada, sumará un punto.

En la pregunta 9 el objetivo es muy claro: distinguir entre una fuerza y una magnitud vectorial (que aunque comparte alguna característica con la fuerza, como tener un vector, no es fuerza.) La respuesta correcta es que la velocidad no es una fuerza, lo cual se califica con un punto.

El objetivo de la pregunta 10 es comprobar que los alumnos tienen una concepción vectorial de la fuerza, puesto que el sentido y dirección de las fuerzas pueden ser muy influyentes para determinar sus efectos. La respuesta que se busca es que las fuerzas sí tienen dirección y sentido, con lo que se sumaría un punto para la calificación total.

5. Descripción de la experiencia.

En este apartado se cuenta detalladamente el desarrollo de la experiencia. Para la realización de la misma, no ha sido necesario material difícil de encontrar. Los materiales han sido una pizarra, tiza y dos coches radiocontrol. En este caso, se ha usado un modelo Street Beast Ford F-150 de Tyco R/C, y un prototipo de radiocontrol de la marca New Bright. El requisito para la elección de los coches para la experiencia es que haya una diferencia de peso y tamaño notable entre ambos modelos. Puede realizarse la experiencia sustituyendo estos dos modelos por cualquier otro, mientras que el criterio de diferencia de tamaño y peso se cumpla. Pueden verse los modelos utilizados para la experiencia de este trabajo en la figura 5.



Figura 5 Coches radiocontrol utilizados en la experiencia central del trabajo.

El contexto en el que se ha realizado la experiencia es en un aula-clase normal, en la que se distribuyeron los pupitres de tal forma que se dejase un hueco en un lateral del aula, lo suficientemente amplio como para que se pudiesen mover los coches.

La experiencia se inició preguntando a los alumnos cómo definirían una fuerza. Tras haber escuchado varias respuestas, se explicó que una fuerza es la interacción entre dos ó más objetos. Una vez explicado el concepto de fuerza, era conveniente aclarar que no es necesario que haya contacto para que tenga lugar una fuerza. Se pudo poner un ejemplo claro con la fuerza de la gravedad, pues aunque no se esté en contacto con la Tierra, ésta ejerce una atracción sobre los cuerpos cercanos a ella (entendiéndose por cercanos los objetos que estén dentro de la atmósfera, aunque tenga efectos en cuerpos situados fuera de dicha atmósfera, como la Luna).

A continuación, el guía de la experiencia (en adelante, el maestro) sujetó un coche suspendido en el aire, y se preguntó a los alumnos sobre qué pasaría si se soltase el coche estando suspendido en el aire. Todos los alumnos respondieron que se caería. La pregunta era, ¿por qué? Se explicó que esto ocurre por la fuerza de la gravedad, que atrae a cualquier objeto cercano a la Tierra hacia su centro, y que esa fuerza ejercida sobre el coche era su peso, aclarando también que el peso no es lo mismo que la masa, poniendo el ejemplo del peso en la Tierra y en la Luna de un mismo objeto.

Después, se puso uno de los coches sobre una mesa, y se preguntó el por qué no se caía el coche cuando estaba suspendido en el aire. La respuesta de los alumnos fue que el motivo era la sujeción que el maestro proporcionaba. Nuevamente se preguntó el por qué el coche estaba encima de la mesa y no seguía cayendo. A esta respuesta los alumnos no supieron responder, y el maestro explicó que la mesa estaba ejerciendo una fuerza sobre el coche que impedía su caída, al igual que la ejercía el maestro con el coche suspendido en el aire. Se explicó que a esa fuerza que contrarresta a la gravedad es la fuerza normal, la cual siempre se ejercía en sentido contrario a la gravedad, es decir, con la intención de alejar el objeto del núcleo de la Tierra.

Tras esto, el maestro puso los dos coches en el suelo, e hizo que los coches se moviesen hacia adelante. Tras ello se hizo una pregunta a los alumnos: ¿por qué se movían los coches? Los alumnos respondieron que sucedía porque el maestro enviaba la señal para que los coches se moviesen desde los mandos de los coches. El maestro afirmó que, en efecto, eso sucedía, pero que lo que se buscaba era el motivo por el que las ruedas giraban. La respuesta que se les dio fue que el motivo era que el motor aplicaba una fuerza sobre las ruedas, y que ese tipo de fuerza se conoce como fuerza aplicada. Más tarde, el maestro puso en movimiento los coches, dejando de enviar señal a los coches segundos después para que siguiesen en movimiento sin aplicar fuerza del motor. Seguidamente se preguntó por el motivo que hacía que los coches se detuviesen. Esta vez algunos alumnos sí tuvieron una respuesta correcta: la fuerza de rozamiento. Para quienes no lo entendían, se explicó que la fuerza de rozamiento es una fuerza de contacto que se opone al movimiento, por la fricción provocada entre superficies, en la que además de las características de la superficie, influye el peso.

Una vez explicadas las cuatro fuerzas básicas que se trabajan en educación primaria, se aprovechó que la última fuerza que había sido explicada era la de rozamiento, para que los alumnos hiciesen una apreciación sobre la diferencia de magnitud que puede haber entre fuerzas (en este caso, la de rozamiento en dos objetos diferentes). Para ello, se hizo que los coches se pusieran en movimiento, dejando unos segundos después de aplicar fuerza. El coche más pequeño tardaba más en detenerse completamente que el coche grande. Preguntados los alumnos sobre ello, habían sacado ya sus propias conclusiones: el coche pequeño se detenía más tarde por tener menos rozamiento, debido a que su peso es menor que el del otro coche. Tras ello, se aclaró que esto pasaba en estas condiciones por ser la superficie que contactaba con los coches y el material de las ruedas igual (el único factor para el rozamiento que quedaba era el peso, el cual determinaba el resultado de este pequeño experimento).

También el maestro hizo que los alumnos observaran que se establecía una relación inversamente proporcional entre el tiempo que cada coche tardaba en detenerse y la magnitud de la fuerza de rozamiento: a menor fuerza de rozamiento, mayor tiempo tarda el coche en detenerse, y viceversa.

En relación a la observación de magnitudes, también se comprobó el efecto que tendría aplicar una fuerza de una magnitud similar en ambos coches. La manera de hacerlo era empujando con la mano los coches, con una fuerza similar, para que los alumnos apreciaran los efectos de una fuerza aplicada similar sobre distintos cuerpos. Antes del experimento, se permitió la creación de hipótesis por parte de los alumnos sobre lo que ocurriría. Muchos acertaron al pensar que el coche pequeño llegaría más lejos y alcanzaría mayor velocidad.

El siguiente paso fue preguntar a los alumnos si creían que las fuerzas tenían dirección y sentido, a lo que no supieron contestar. Para demostrarlo, el maestro hizo que los alumnos observaran una maniobra con el coche: primero se hizo mover el coche hacia adelante, y acto seguido hacia atrás, todo ello en una misma línea recta (la cual apuntaba hacia el fondo del aula). Se preguntó a los alumnos qué había cambiado en los dos movimientos, a lo que tampoco contestaron. La respuesta era que cambió el sentido de la fuerza aplicada por el motor, lo cual se traducía en un cambio del sentido en el que el coche se movía.

Posteriormente, el maestro giró el coche unos 90° a un lado, preguntando a los alumnos sobre qué creían que cambiaría ahora al mover el coche, tanto en sentido hacia adelante como en sentido hacia atrás, moviendo el coche en ambos sentidos inmediatamente. Los alumnos tampoco supieron responder a esta pregunta. El maestro respondió que ahora cambiaba la dirección en la que se aplicaba la fuerza, pues en la prueba anterior el coche se dirigía hacia la pared del fondo del aula, y ahora se dirigía hacia las paredes laterales de la clase. Por tanto, quedaba demostrado que las fuerzas poseen dirección y sentido.

Para concluir la experiencia, se preguntó a los alumnos si creían que la velocidad era una fuerza. Hubo muchos que respondieron de manera afirmativa. Para demostrarlo, el maestro impulsó con la mano uno de los coches, y les preguntó a los alumnos cuándo dejaba la mano de aplicar fuerza sobre el coche. Los alumnos respondieron que en el momento que la mano se separaba del coche, dejaba de aplicarle fuerza. Tras ello, se preguntó si se seguía aplicando al coche una fuerza que lo impulsara tras perder el contacto con la mano, a lo que los alumnos contestaron que no. Partiendo entonces de esa base, podemos analizar el caso del siguiente modo: el peso y la fuerza normal se contrarrestan si el objeto no está descendiendo, la fuerza de rozamiento está frenando al coche, la fuerza aplicada deja de existir cuando la mano deja de aplicarla, por tanto no queda fuerza alguna que actúe sobre el coche (simplificando el problema y ateniéndonos a las cuatro fuerzas básicas, pues si se analiza más a fondo, podemos ver, por ejemplo, que hay una fuerza centrífuga en las ruedas). De ahí se deduce que si no actúa fuerza, entonces la velocidad no puede ser una fuerza.

Tras haber concluido la experiencia, los alumnos pudieron usar los coches, para poder plantearse sus propios problemas y sacar sus propias conclusiones.

Esta experiencia puede ser llevada a cabo durante una clase de ciencias de la naturaleza de educación primaria, con una duración de unos 45 minutos.

6. Resultados y discusión.

En este apartado se realiza el análisis de los resultados, llevado a cabo en tres fases: análisis del cuestionario inicial, análisis del cuestionario final y comparación del resultado de ambos. Una vez analizados los resultados, se planteará la discusión de los mismos.

6.1. Resultados en el cuestionario inicial.

A continuación, en la figura 6 se muestra la representación gráfica de los resultados por pregunta obtenidos en el pre-test respondido por los alumnos, previamente a la experiencia.

En el eje de la X se representa el número de preguntas del pre-test descrito en el apartado 4.5.1 de esta memoria. En el eje Y se muestra la puntuación media de cada pregunta, en una escala entre 0 y 2, donde 0 representa el valor mínimo y 2 el valor máximo.

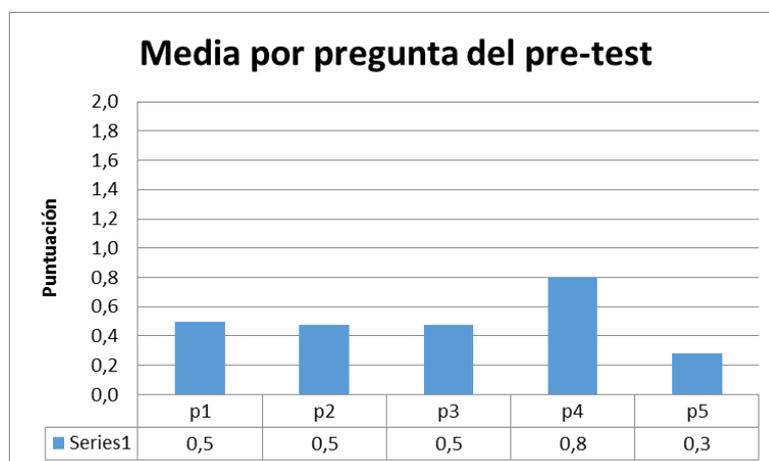


Figura 6 Representación gráfica de resultados del pre-test por preguntas.

Como puede observarse en la figura 6, la pregunta que mayor resultado medio ha obtenido ha sido la pregunta 4, con una media de 0,8 puntos sobre 2 puntos posibles. Eso puede derivarse del hecho de que en la pregunta 4 del pre-test respondido por los alumnos, hay un apoyo de recursos gráficos, tal como puede observarse en la figura 1 de la presente memoria, que pueden dar indicio de la respuesta que busca la pregunta. Aún así, el resultado obtenido no puede calificarse como positivo, ya que no llega a la mitad de la puntuación posible para la pregunta.

También puede observarse en la figura 6 que la pregunta con menor puntuación de media es la pregunta 5, con 0,3 puntos sobre 2 posibles. Este hecho tiene explicación en la idea previa que el alumnado tiene de peso, el cual es equivocado con la masa. Esta idea previa es la más extendida entre los alumnos.

En la figura 7 puede observarse la representación gráfica de los resultados obtenidos por cada alumno participante en el pre-test. En dicha gráfica, los alumnos están representados en el eje de las X por números, con el objetivo de preservar su anonimato.

Bajo el número que representa a cada alumno, puede verse su puntuación final en el pre-test. En el eje Y hallamos la puntuación, cuyos valores mínimo y máximo son 0 y 10, respectivamente.

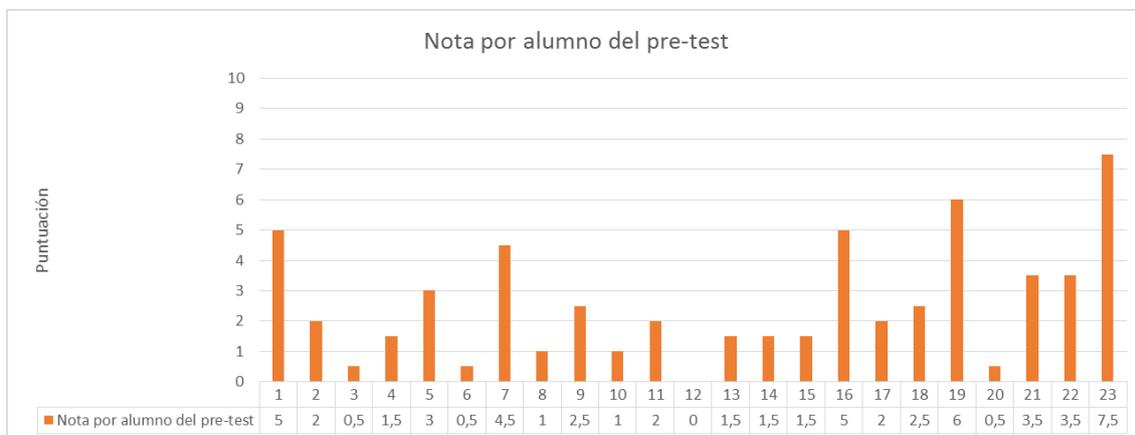


Figura 7 Representación gráfica de resultados del pre-test por alumnos.

Para considerar que un alumno supera este test, debe obtener una calificación mínima de 5 puntos. Solamente aprueban el test 4 alumnos, lo que supone (aproximadamente) un 17% del total, así pues, más del 80% de los alumnos no superan el test, lo cual indica que los conocimientos del alumnado en torno a las fuerzas son escasos en general antes de la experiencia.

Suspenden el test 19 de los 23 alumnos participantes en la experiencia, de los cuales 18 (un 94,7% de los suspensos) obtienen notas bajas (3,5 o menos). Estos datos arrojan que la situación epistemológica de los alumnos con anterioridad a la experiencia, es muy deficiente, a pesar de haber trabajado algunos conceptos de fuerzas en el curso anterior.

De los alumnos que aprueban, dos lo hacen con una calificación de 5 puntos, otro con 6 puntos y uno último con 7,5 puntos. Esto indica que de los alumnos que aprueban, ninguno tiene una nota sobresaliente.

La nota media global del resultado final de los alumnos en este test es de 2,5 puntos.

La conclusión de los resultados del pre-test es que se han obtenido unos resultados bastante negativos, y que en muchos de los casos, los alumnos asisten a la experiencia central de este trabajo con escasos conocimientos en torno a los conceptos de fuerzas que se trabajan en ella.

6.2. Resultados en el cuestionario final.

Al igual que en el apartado anterior al presente de esta memoria, se muestran a continuación los gráficos con los resultados obtenidos, esta vez en el cuestionario final. En la figura 8 pueden apreciarse los resultados medios por pregunta de dicho cuestionario.

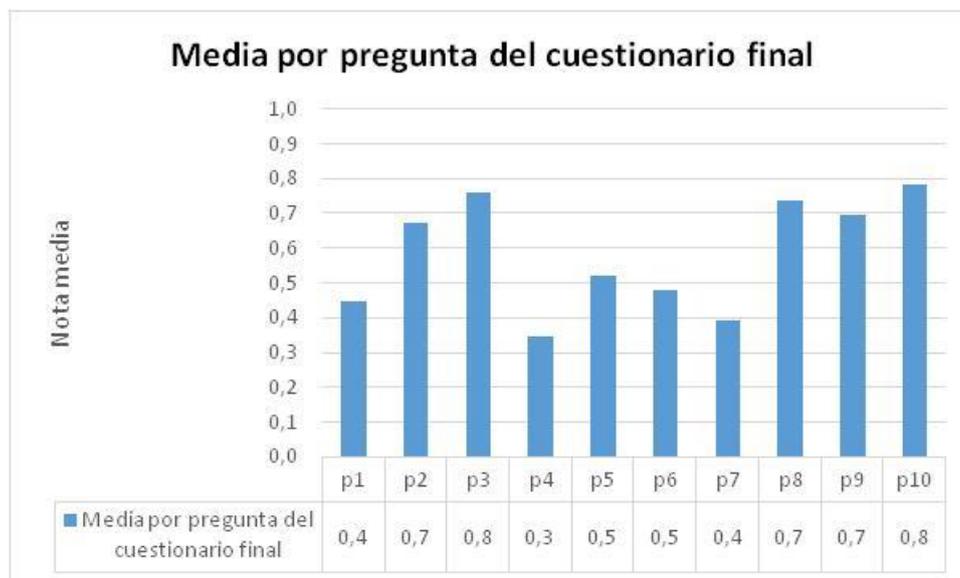


Figura 8 Representación gráfica de resultados del cuestionario final por preguntas.

En el eje de las X se representa el número asignado a cada pregunta en el cuestionario final, el cual se desarrolla en el apartado 4.5.2 de esta memoria. En el eje Y, se representa la calificación de cada pregunta, en una escala de 0 a 1, donde 0 y 1 son los valores mínimo y máximo, respectivamente.

La pregunta con una mayor puntuación media son las preguntas 3 y 10, con una calificación media de 0,8 puntos sobre 1 posible. La explicación de que así sea puede residir en el hecho de que el contenido de ambas preguntas es más fácilmente observable en la experiencia que los del resto de las preguntas. Por el contrario, la pregunta con una menor puntuación media es la 4, con una media de 0,3 sobre 1 punto posible. Esto es debido a la dificultad para los alumnos de apreciar fuerzas de diferente magnitud sobre cuerpos con una masa distinta.

A continuación pueden verse los resultados finales de cada alumno en el gráfico de la figura 9.

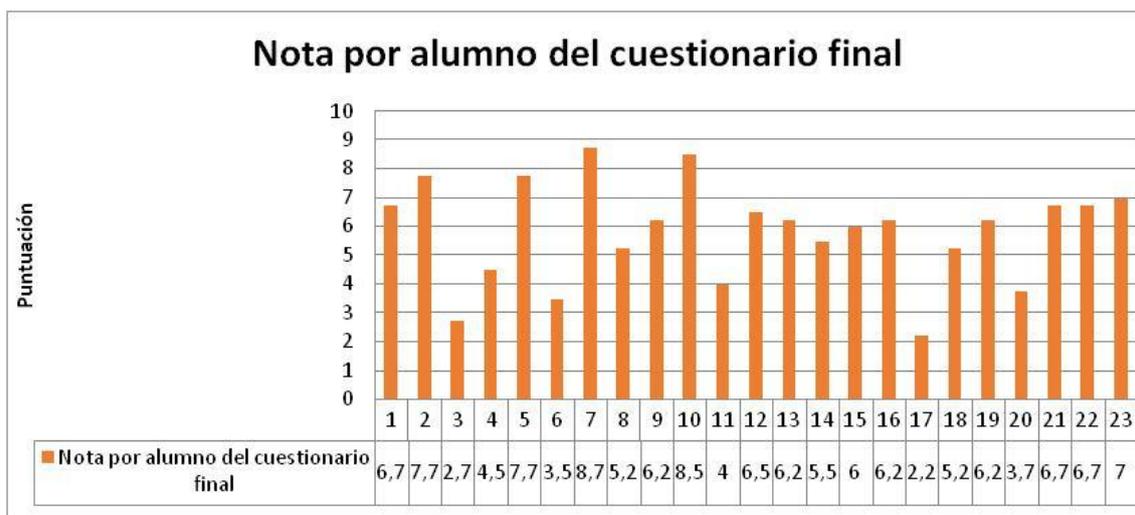


Figura 9 Representación gráfica de resultados del cuestionario final por alumnos.

En el eje de las X, al igual que en el caso de la figura 7, se representa a los alumnos mediante un número, para preservar su anonimato. Los números de cada alumno se corresponden con los asignados en los resultados del pre-test, de manera que en ambos gráficos, cada número asignado representa al mismo alumno (lo mismo sucederá en el gráfico que compara los resultados de ambas pruebas situado más adelante en la figura 10) En el eje Y se representan los resultados obtenidos por los alumnos, en una escala de 0 a 10 puntos.

La nota media global de todos los alumnos es de 5,8 puntos. A partir de 5 puntos de calificación (inclusive), se considera superado el cuestionario final. Un 26% no supera el cuestionario (6 alumnos), mientras que 17 alumnos sí lo hacen (un 73% aproximadamente). De los alumnos que suspenden, el 50% lo hacen con una nota baja (3,5 o menos), y un 33% obtiene un resultado igual o mayor a 4 puntos. En el caso de los aprobados, ninguno llega al sobresaliente (el resultado más cercano a ello es un 8,7). Más del 70% de los aprobados tienen resultados que oscilan entre 6 y 7 puntos, y casi el 12% supera los 8 puntos.

Al ser la nota media de 5,8 puntos, puede concluirse que los resultados del cuestionario final demuestran un cierto dominio de los conceptos relacionados con las fuerzas.

6.3. Comparación de resultados.

Para la comparación de resultados del pre-test y el cuestionario final, pueden observarse los resultados de ambos en la figura 10.

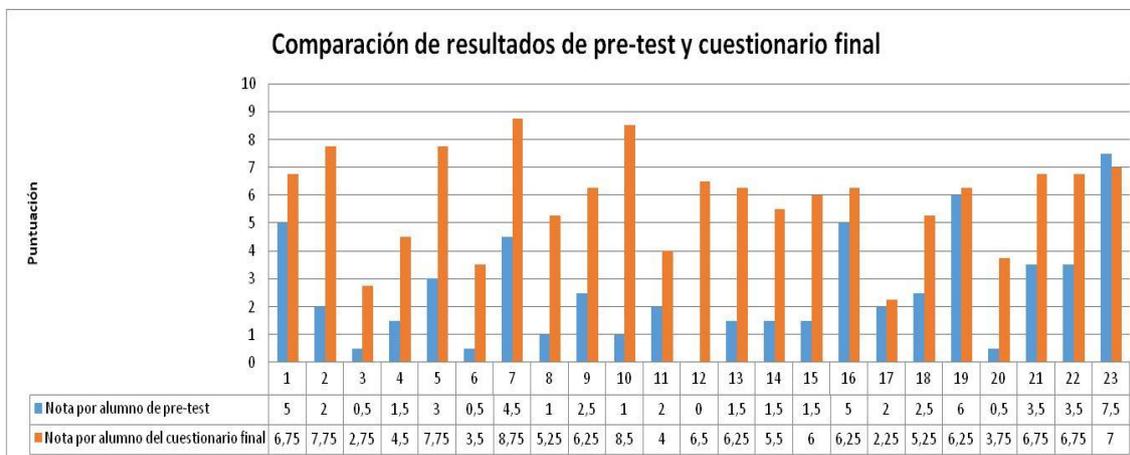


Figura 10 Representación gráfica comparativa de resultados de pre-test y cuestionario final.

En la figura 10, se representa en el eje X con números del 1 al 23 a los alumnos participantes en la experiencia. En el eje Y, se representan los resultados obtenidos por cada alumno (cuyos valores se exponen debajo del gráfico), siendo la barra azul el resultado del pre-test y la barra naranja el resultado del cuestionario final. Estos resultados están dentro del rango 0-10, siendo 0 valor mínimo y 10 valor máximo.

Comparando los resultados, puede observarse que todos los alumnos (excepto el número 23) obtienen mejores resultados en el cuestionario final que en el pre-test, evidenciando la utilidad de la experiencia. La nota media del grupo se ve incrementada de 2,5 a 5,8 puntos, lo cual indica una clara mejoría del nivel de conocimientos tras la experiencia. El número de aprobados pasa de 4 a 17.

El alumno cuyas notas tienen más variación es el número 10, cuya nota asciende en 7,5 puntos tras la experiencia. Por el contrario, en el alumno número 17 sólo aumenta su resultado en 0,25 puntos, así que para este sujeto no ha resultado significativo el aprendizaje.

El único caso en el que la nota disminuye tras la experiencia (alumno 23) tiene poca variación (0,5 puntos), por lo que no hay un descenso significativo en los resultados.

Para tratar de forma estadística los resultados obtenidos en pre-test y cuestionario, pueden observarse los datos en la tabla 1, los cuales son usados para la realización de la prueba T para muestras relacionadas de comparación de medias.

		Final	Inicial
N	Válidos	23	23
	Perdidos	0	0
Media		5,8370	2,5435
Error típ. de la media		,36137	,40612
Desv. típ.		1,73305	1,94769

Tabla 1 Datos para el cálculo de la prueba T para muestras relacionadas de comparación de medias.

En la tabla 2, pueden verse los resultados de la prueba T para muestras relacionadas de comparación de medias. Como puede apreciarse, la significación es muy pequeña, lo que confirma que la diferencia de media de resultados entre el test inicial y el cuestionario final es significativa, con una confianza del 95%. El error típico de la media es pequeño, por lo que en los resultados se produce un aumento de los mismos de forma generalizada.

		Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	Final - Inicial	3,2934 8	1,96511	,40975	2,44370	4,14326	8,038	22	,000

Tabla 2 Resultados de la muestra T para muestras relacionadas de comparación de medias.

Para terminar con la comparación de resultados, puede deducirse a través de los gráficos de frecuencia de notas contenidos en las figuras 11 y 12, que en el cuestionario final se produce un aumento de frecuencia de notas superiores a 5 puntos con respecto a la frecuencia de notas superiores a 5 puntos del pre-test. Tanto en la figura 11 como en la 12, en el eje X se representan los valores de las notas y en el eje Y la frecuencia de esos valores.

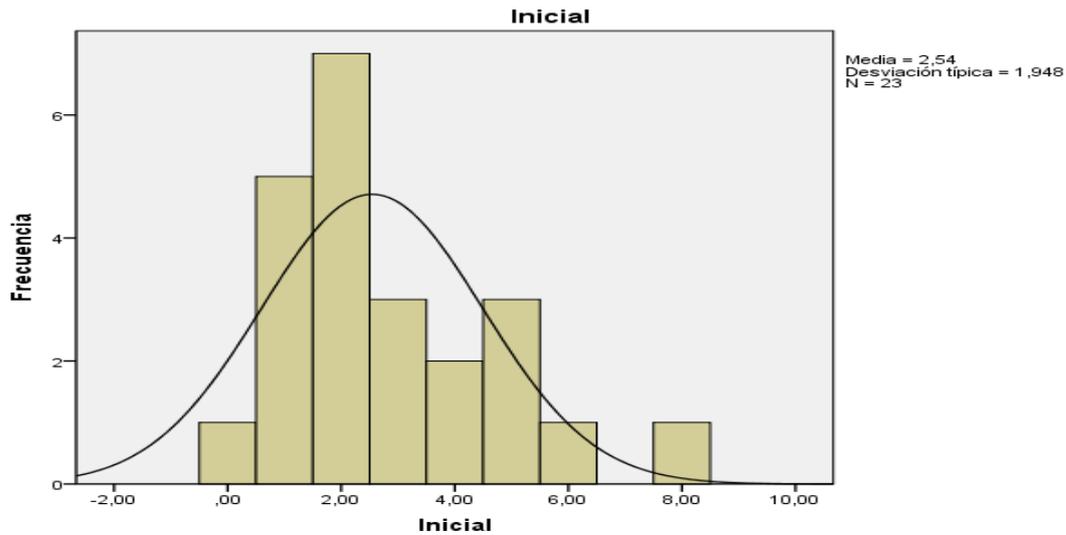


Figura 11 Gráfico de frecuencia de las notas del pre-test.

En el pre-test, las notas más frecuentes son aquellas cuyos valores rondan en torno a 2 puntos, pudiendo obtenerse un máximo de 10 puntos en el test y siendo necesarios 5 puntos para superarlo. En contraste con estas frecuencias, podemos observar las obtenidas en el cuestionario final en la figura 12. Para el cuestionario final, las notas más frecuentes son aquellas cuyos valores oscilan entre los 6 y los 7 puntos sobre 10 posibles, lo que indica una mejoría en los resultados tras la experiencia, pues son más frecuentes los buenos resultados que en el pre-test.

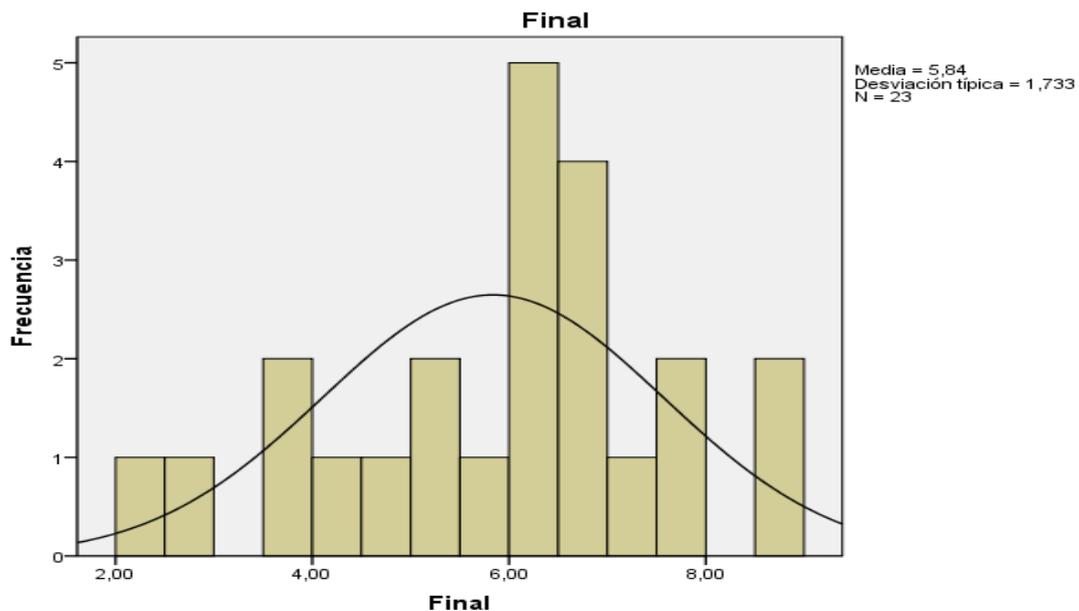


Figura 12 Gráfico de frecuencia de las notas del cuestionario final.

6.4. Discusión.

Podemos deducir de la comparación de resultados hecha en el apartado anterior, que los resultados son muy positivos, pues la mayoría de los alumnos obtienen resultados significativamente mejores tras la realización de la experiencia.

Los resultados obtenidos están relacionados con tipos de experiencias parecidas en cuanto al uso de dispositivos motivantes para el alumnado, previas a la diseñada en este trabajo de fin de grado, como la diseñada por Martínez (2015), quien diseñó una experiencia en la cual se usaba el dispositivo *Wiiimote* para realizar una práctica que trataba sobre el plano inclinado. Martínez obtuvo resultados satisfactorios, basados en la diferencia entre la idea previa de los alumnos acerca de la resolución de un problema y la solución real. El porcentaje de diferencia entre la solución real y la planteada por los alumnos era de un 1,17%, el cual es un margen de error bastante aceptable.

En este trabajo de fin de grado se han obtenido resultados satisfactorios, pues en un test previo a la experiencia se obtenía de nota media 2,5 puntos, pasando a ser 5,8 puntos la media obtenida tras un cuestionario final hecho después de la experiencia, por lo que la cuantificación del nivel de conocimientos de los alumnos indica que se produce una mejora en el aprendizaje.

A continuación se analizarán las hipótesis planteadas en el apartado 4.3 de la presente memoria, usándose la nomenclatura creada en dicho apartado para hacer referencia a las hipótesis.

La H1, a la vista de los resultados, ha sido confirmada como verdadera, pues el concepto de fuerza y las fuerzas básicas se trabajan a lo largo de toda la experiencia, y como demuestra el cuestionario final, se ha producido una mejora del aprendizaje de esta parte básica de la física.

La hipótesis 1.1 dice que los alumnos podrían diferenciar, a partir de la experiencia de este trabajo de fin de grado, una fuerza de algo que no lo es, como la velocidad. De los 23 alumnos participantes, 16 han conseguido hacer esa distinción, por lo cual esta hipótesis es verdadera, ya que en líneas generales se ha producido un avance didáctico mayoritario.

La veracidad de la hipótesis 1.2 se comprueba mediante los resultados obtenidos en las preguntas 3, 4, 5, 7 y 8 del cuestionario final. Los resultados medios de dichas preguntas son, respectivamente: 0,7; 0,3; 0,5; 0,3 y 0,7 (siendo la puntuación máxima un punto para cada pregunta). La mayor parte de las preguntas relacionadas con esta hipótesis tienen un resultado satisfactorio, por lo que esta hipótesis puede ser tomada como verdadera.

En el caso de la hipótesis 1.3, se comprueba la validez mediante los resultados obtenidos en la pregunta 8 del cuestionario final. El resultado medio es de 0,7 puntos sobre un máximo de 1, contestando correctamente 17 de los 23 alumnos. Así pues, los alumnos son capaces de hacer predicciones para experimentos sencillos, por lo que esta hipótesis 1.3 se toma como verdadera.

La H2 dice que es posible cuantificar el nivel de conocimientos de los alumnos antes y después de la experiencia mediante el uso de un cuestionario final y un pre-test. Los resultados que se recogen en este trabajo de fin de grado son una prueba fehaciente de que esa cuantificación es posible, por lo que la veracidad de esta hipótesis queda demostrada.

Al estar relacionadas íntimamente las hipótesis con los contenidos específicos propuestos en el apartado 4.1 de este trabajo, y habiéndose determinado que las hipótesis propuestas en este trabajo son verdaderas, puede deducirse que los citados objetivos específicos han sido conseguidos en el presente trabajo de fin de grado.

7. Conclusiones.

Para empezar a concluir este trabajo, es pertinente analizar el cumplimiento de los objetivos didácticos propuestos en el apartado 4.1. Estos objetivos son, en resumen, la intención de que el contenido teórico de la experiencia diseñada en este trabajo sea mejor aprendido mediante el desarrollo de una experiencia motivante para los alumnos. A la vista de los resultados obtenidos en el cuestionario final, el cual evalúa si efectivamente se ha producido el aprendizaje deseado, ha habido un gran avance en la comprensión de los conceptos básicos de fuerzas por parte de los alumnos, por lo que estos objetivos pueden considerarse alcanzados.

La experiencia diseñada en este trabajo ha sido muy útil para demostrar la consecución del objetivo principal que persigue el presente trabajo: una mejora del aprendizaje de conceptos básicos de física y fuerzas, expuestos a los alumnos de una manera distinta al repetitivo modelo de transmisión-recepción de conocimientos, a través de una manera motivante para los alumnos de educación primaria, como puede ser utilizando objetos que son muy atractivos para el interés de los niños (unos coches de radiocontrol en este caso).

La base de la utilidad de la experiencia alrededor de la que gira este trabajo, reside en la motivación que genera en los niños el uso de *elementos motivadores*, como puede ser un coche radiocontrol. A su vez, esta experiencia puede tener unos efectos muy positivos para el aprendizaje de la ciencia. Con la experiencia diseñada en este trabajo, los alumnos pueden cambiar la visión que tienen de la ciencia, que a priori puede parecer algo aburrido y reservado para élites. Con este experimento los alumnos pueden empezar a sentir curiosidad científica de manera subconsciente, ya que la experiencia puede parecerles un juego aunque realmente estén aprendiendo ciencia.

En resumen, una experiencia de aprendizaje de ciencia que resulte divertida y motivante para los niños, vista como innovación didáctica, puede ser mucho más efectiva que la mera transmisión de conocimientos de la didáctica tradicional, obteniendo un aprendizaje significativo por parte de los alumnos.

8. Referencias bibliográficas.

CAMPANARIO, J. M. Y MOYA, A. (1999) ¿Cómo enseñar ciencias?: Principales tendencias y propuestas. *Enseñanza de las ciencias*, 17 (2), 179-192.

DIOSA, Y. (2012) *Enseñanza-Aprendizaje de la Cinemática Lineal en su Representación Gráfica bajo un Enfoque Constructivista: Ensayo en el Grado Décimo de la Institución Educativa Pbro. Juan J. Escobar* (Tesis inédita de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Medellín.

ETCHARTEA, A. Y ADÚRIZ-BRAVO, A. (2014) Análisis Epistemológico del Programa de Física: Enseñar Dinámica A Escolares en el Uruguay. DOI: <http://laboratoriogrecia.cl/wp-content/uploads/2015/05/ETCHARTEA-Y-AD%C3%9ARIZ-BRAVO-C063.pdf>

FOUREZ, G. (2005) *Alfabetización científica y tecnológica: Acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias*. Buenos Aires: Colihue.

GARCÍA, J.L. Y RODRÍGUEZ, C. (1988) Ideas previas, esquemas alternativos, cambio conceptual y el trabajo en el aula. *Enseñanza de las ciencias*, 6 (2), 161-166.

GIL, D. (1986). La metodología científica y la enseñanza de las ciencias. Unas relaciones controvertidas. *Enseñanza de las ciencias*, 4 (2), 111-121.

HALLOUN, I. A. Y HESTENES, D. (1985) Common sense concepts about motion. *American Journal of Physics*, 53, 465-467.

HARLEN, W. (1989) *Enseñanza y aprendizaje de las ciencias*. Madrid: Morata.

HODSON, D. (1985). Philosophy of science, science and science education, *Studies in Science Education*, 12, 25-57.

JUSTI, R. (2006) La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las ciencias*, 24 (2), 173–184.

LACOLLA, L. H. (2005) Representaciones sociales: una manera de entender las ideas de nuestros alumnos. *Revista electrónica de la Red de Investigación Educativa*, 1 (3), DOI: <http://revista.iered.org/v1n3/pdf/lacolla.pdf>

MANASSERO, M.A., VÁZQUEZ, A. Y ACEVEDO-DÍAZ, J.A. (2005) Más allá de la enseñanza de las ciencias para científicos: hacia una educación científica humanística. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4 (2)

MARTÍNEZ PÉREZ, J. E. (2015) Contribuciones de un dispositivo tangible para el aprendizaje de algunos conceptos de cinemática: Experiencia usando el Wiimote dentro del laboratorio de física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 32 (3), 870-878.

MORA, C. Y HERRERA, H. (2009) Una revisión sobre ideas previas del concepto de fuerza. *Latin-american Journal of Physics Education*, 3 (1), 72-86.

OSBORNE, R. Y FREYBERG, P. (1991) *Aprendizaje de las ciencias: influencia de las "ideas previas" de los alumnos*. Madrid: Narcea.

POZO, J. I. Y GÓMEZ, M. A. (1998) *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Morata.

SEBASTIA, J.M. (1984) Fuerza y movimiento: la interpretación de los estudiantes. *Enseñanza de las ciencias*, 2 (2), 161-169.