



**Universidad Internacional de La
Rioja**
Facultad de Educación

Trabajo fin de máster

Propuesta de intervención
basada en la Física del
siglo XX a través de un
enfoque CTS para la
enseñanza de Física de 2º
Bachillerato

Presentado por: Martí Florit Gual

Tipo de trabajo: Intervención

Director/a: Marta Rodríguez Quiroga

Ciudad: Ciutadella de Menorca

Fecha: 09/01/2020

Resumen

En la sociedad actual las tecnologías producto del desarrollo de conocimiento científico toman cada día mayor protagonismo en la vida de una población que requiere más que nunca estar formada en materia de ciencias. Todo ello unido al bajo interés y a la carencia de motivación que presenta el alumnado frente a la formación de carácter científico hace indispensable la puesta en práctica de nuevas metodologías educativas. Entre estas nuevas estrategias se encuentra el estudio de la ciencia desde un enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad, que busca, mediante el estudio de las relaciones existentes entre ciencia, tecnología y sociedad, proporcionar al estudiante una visión cercana y real de la ciencia que logre despertar su interés e incrementar su motivación en su proceso de enseñanza-aprendizaje.

En este trabajo de fin de máster se presenta una propuesta de intervención centrada en la física del siglo XX que permita abordar ciertos contenidos de la asignatura Física de 2º de Bachillerato. Se han diseñado una serie de actividades basadas en el enfoque CTS y apoyadas en el uso de recursos TIC y en el aprendizaje colaborativo que buscan, mediante una visión contextualizada de la física moderna que pone de relieve su impacto social y tecnológico, que el alumnado se sienta interesado por el contenido académico propio de la asignatura y por el trabajo científico en general.

Palabras clave: ciencia, física, motivación, CTS, Ciencia-Tecnología-Sociedad, siglo XX.

Abstract

In the current society the technologies product of the development of scientific knowledge take nowadays a major leading role in the life of a population who needs more than ever be educated on science. Furthermore, the low interest and the lack of motivation of Secondary and High School students towards the study of Sciences make indispensable the implementation of new methodologies. One of these new educational strategies is the Science-Technology-Society approach, that aims, by means of the study of the existing relations between science, technology and society, to provide to the student a real vision of the science that manages to awaken their interest and increase their motivation in their learning processes.

This master's final project describes an intervention proposal centred on 20th century physics and based on the approach CTS, which allows to tackle certain contents of the subject of Physics of the second year of High School. Activities with CTS approach, using ICT resources and collaborative work have been designed, providing a contextualize vision of modern physics that highlight its social and technological significance. All of it aiming to awaken the student's interest for the proper academic content of the subject and for the scientific work in general.

Keywords: Science, Physics, motivation, STS, Science-Technology-Society, 20th century.

ÍNDICE

1	Introducción.....	1
1.1	Justificación.....	1
1.2	Planteamiento del problema.....	4
1.3	Objetivos.....	6
1.3.1	Objetivo general.....	6
1.3.2	Objetivos específicos.....	6
2	Marco Teórico.....	7
2.1	Justificación de la metodología de búsqueda puesta en práctica.....	7
2.2	Falta de motivación e interés de los alumnos en el estudio de las ciencias.....	8
2.3	Enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad en el ámbito de la enseñanza de la ciencia.....	9
2.4	Uso de estrategias CTS para aumentar la motivación de los alumnos.....	11
2.5	Enseñanza CTS: estructura, contenidos, estrategias y dificultades..	12
2.6	Casos prácticos de Física del siglo XX como temática CTS.....	15
3	Propuesta de Intervención.....	24
3.1	Presentación de la propuesta.....	24
3.2	Contextualización de la propuesta.....	25
3.3	Intervención en el aula.....	26
3.3.1	Objetivos.....	26
3.3.2	Competencias.....	28
3.3.3	Contenidos.....	29
3.3.4	Metodología.....	31
3.3.5	Cronograma.....	32
3.3.6	Secuenciación y descripción de las actividades.....	33
3.3.7	Recursos.....	57
3.3.8	Evaluación y calificación.....	58
3.4	Evaluación de la propuesta.....	59
4	Conclusiones.....	60
5	Limitaciones y prospectiva.....	61
6	Referencias bibliográficas.....	63
7	Anexos.....	68
7.1	Anexo 1.....	69
7.2	Anexo 2.....	71

7.3 Anexo 3.....	73
7.4 Anexo 4.....	75
7.5 Anexo 5.....	77
7.6 Anexo 6.....	80
7.7 Anexo 7.....	82
7.8 Anexo 8.....	84
7.9 Anexo 9.....	86
7.10 Anexo 10.....	88
7.11 Anexo 11.....	90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Objetivos de la propuesta y dificultades detectadas.....	21
Tabla 2: Relación de contenidos, criterios de evaluación, estándares de aprendizaje y competencias trabajadas a lo largo de la unidad didáctica..	30
Tabla 3: Propuesta de cronograma para la secuenciación de las distintas actividades planteadas.....	33
Tabla 4: Ficha de la sesión número 1.....	35
Tabla 5: Ficha de la sesión número 2.....	38
Tabla 6: Ficha de la sesión número 3.....	38
Tabla 7: Ficha de la sesión número 4.....	41
Tabla 8: Ficha de la sesión número 5.....	45
Tabla 9: Ficha de la sesión número 6.....	45
Tabla 10: Ficha de la sesión número 7.....	48
Tabla 11: Ficha de la sesión número 8.....	49
Tabla 12: Ficha de la sesión número 9.....	51
Tabla 13: Ficha de la sesión número 10.....	55
Tabla 14: Ficha de la sesión número 11.....	56
Tabla 15: Ficha de la sesión número 12.....	57
Tabla 16: Recursos necesarios para llevar a cabo la propuesta de intervención.....	57
Tabla 17: Rúbrica de actitudes.....	83
Tabla 18: Rúbrica de participación e intervención en clase.....	85
Tabla 19: Escala de valoración del desempeño docente. 1: nivel bajo, 2: nivel medio y 3: nivel alto.....	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Puntuaciones medias en ciencias junto con el intervalo de confianza al 95% para la media poblacional. (MECD, 2016a).....	2
Figura 2: Diferencia entre las puntuaciones medias de las áreas temáticas de ciencias y el promedio OCDE. (MECD, 2016a).....	3
Figura 3: Esquema del funcionamiento de un reloj de luz. (Pérez y Solbes, 2006).....	19
Figura 4: Relatividad Especial (parte 1). (IACVideos, 2005a).....	37
Figura 5: Relatividad Especial (parte 2). (IACVideos, 2005b).....	37
Figura 6: Mecánica cuántica, experimento de la doble rendija. (García Orduña, 2012).....	40
Figura 7: Applet de efecto fotoeléctrico trabajado en el aula.....	43
Figura 8: PHOTOELECTRIC CELL. (7activestudio, 2017).....	44
Figura 9: Espectros de emisión y absorción del hidrógeno. (profes . TV, 2016).....	47
Figura 10: "laser principle". (Data-Burger, 2012).....	48
Figura 11: "Stable and unstable nuclei Radioactivity Physics FuseSchool". (FuseSchool - Global Education, 2018).....	53
Figura 12: "Ciencia express: fisión y fusión nuclear". (Crespo, 2015).....	54

1 Introducción

La presente propuesta de intervención atiende a la realización del Trabajo de Fin de Máster (TFM) integrado en el Máster en Formación del profesorado de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas impartido por la Universidad Internacional de La Rioja (UNIR).

A lo largo del mismo se va a analizar la situación actual de la enseñanza de las ciencias en general, y, de la física en particular, en nuestro sistema educativo. Asimismo, mediante el uso de un enfoque CTS (Ciencia-Tecnología-Sociedad), se plantearán una serie de objetivos que contribuyan al aumento de la motivación e interés que el alumnado muestra ante esta disciplina, promoviendo una alfabetización científica que en un futuro permita resolver el problema de desconexión existente entre el área de las ciencias y nuestra sociedad actual (Jiménez, Sánchez y de Manuel, 2003).

Para ello, el presente trabajo se centrará en los procesos de enseñanza-aprendizaje del bloque de contenidos “Física del siglo XX”, perteneciente a la asignatura de Física de 2º de Bachillerato. El siglo XX fue un período que supuso la consolidación de la ciencia como principal herramienta de explicación del mundo que nos rodea: no sólo se produjeron multitud de descubrimientos que sentaron las bases de las distintas disciplinas científicas, sino que, la ciencia en si misma y los avances tecnológicos ligados a ésta, se convirtieron en el verdadero motor de la evolución social (Watson, 2000). Por consiguiente, el empleo de un enfoque CTS toma especial interés si uno se centra en el conocimiento científico desarrollado a lo largo del último siglo.

1.1 Justificación

El informe internacional para la Evaluación de Estudiantes o informe PISA (por sus siglas en inglés Programme for International Student Assessment) es un estudio a nivel mundial llevado a cabo por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) y mide el rendimiento académico del alumnado en matemáticas, ciencia y lectura. En su edición de 2015, el informe PISA se centró exclusivamente en la ciencia, proporcionando datos comparables

que reflejan tanto las políticas educativas, como los resultados académicos de los distintos países en esta área de conocimiento. Si se observan los resultados de dicho informe, España obtiene una puntuación de 493, siendo ésta la misma que el promedio de la OCDE y encontrándose dos puntos por debajo de los 495 puntos obtenidos por toda la Unión Europea en conjunto (véase figura 1) (MECD, 2016a).

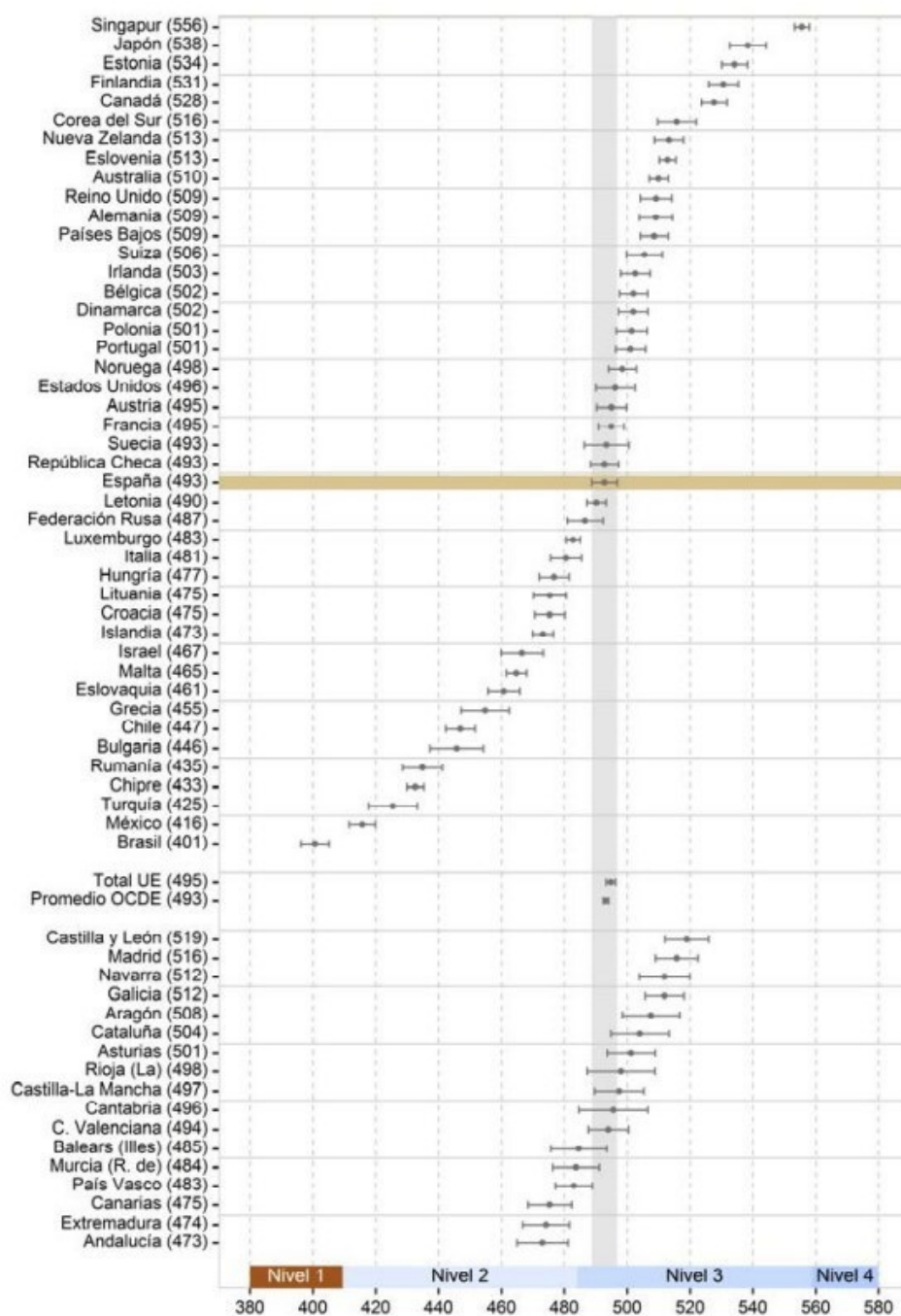


Figura 1: Puntuaciones medias en ciencias junto con el intervalo de confianza al 95% para la media poblacional. (MECD, 2016a).

Analizando los resultados puede verse que las puntuaciones se clasifican en distintos niveles de rendimiento, siendo el nivel 1 el más bajo y el nivel 7 el más alto. España se sitúa en el nivel 3, enmarcándose éste entre los 484 y los 559 puntos, no obstante, el 18% de los alumnos españoles no alcanza el nivel 2, mientras que solamente un 5% de ellos se encuentra en los niveles 5 y 6 (MECD, 2016a). De este modo, si bien es cierto que los resultados obtenidos no difieren mucho de los de la mayoría de países europeos vecinos o de los estadounidenses, la realidad es que siguen siendo bajos.

En dicha publicación de 2015, se añade además un análisis de distintas áreas temáticas relacionadas con el ámbito de las ciencias: Física (Sistemas físicos), Biología (Sistemas vivos) y Geología-Astronomía (La Tierra y el espacio). Comparando los resultados obtenidos por España en relación al promedio de la OCDE (véase figura 2) (MECD, 2016a) puede observarse una mayor diferencia en el caso de la Física, lo que refleja una peor situación con respecto a las otras dos áreas temáticas.

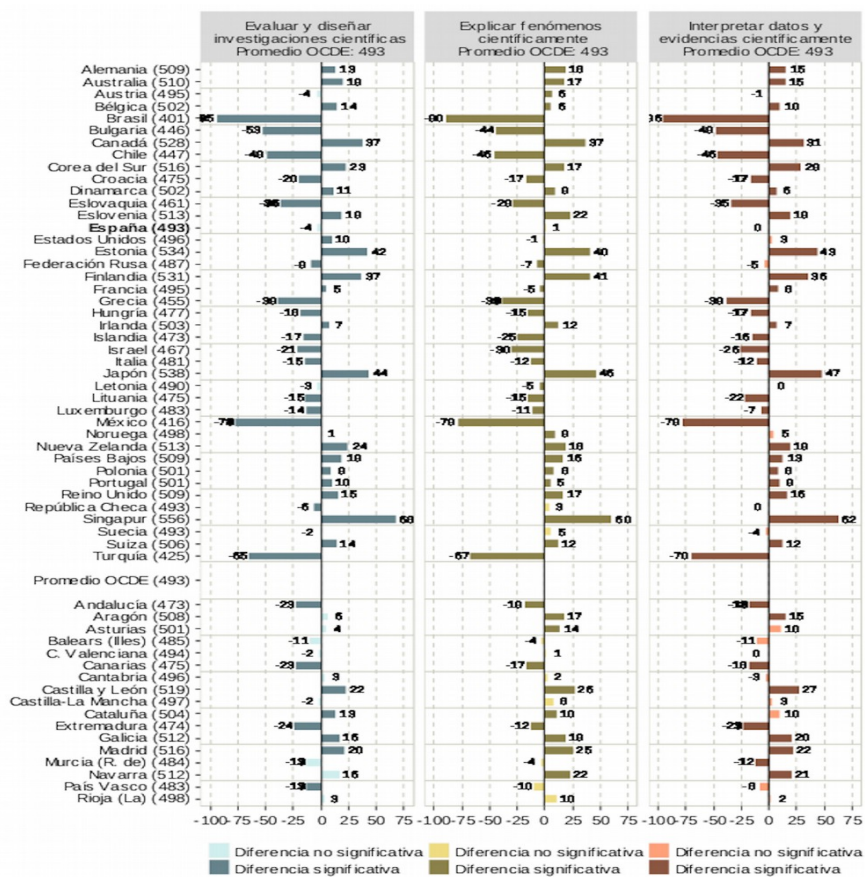


Figura 2: Diferencia entre las puntuaciones medias de las áreas temáticas de ciencias y el promedio OCDE. (MECD, 2016a).

Dichos resultados evidencian que los alumnos españoles tienen un rendimiento más que mejorable en el área de ciencias, especialmente en el ámbito de la física, donde a menudo presentan serias dificultades y se muestran desmotivados. Sin embargo, cabe preguntarse la verdadera razón de dichos problemas de aprendizaje y de esta carencia de motivación. Como bien señala Méndez (2015), si bien gran parte del alumnado se siente atraído por la física debido a motivos extrínsecos como pueden ser el futuro académico, no existe una motivación intrínseca significativa que les permita relacionar los contenidos de la disciplina con los fenómenos cotidianos de la experiencia diaria. Algunas investigaciones, como la realizada por Solbes, Montserrat y Furió (2007), mostraban ya como un 70,8% de los estudiantes entrevistados valoraban negativamente la asignatura de Física y Química, tildándola de aburrida y complicada. Si bien se trata de un porcentaje muy elevado, resulta todavía más preocupante ver como un 66,7% de los alumnos consideraba que la Física y Química no contribuía en forma alguna a solucionar los problemas a los que se enfrenta la sociedad actual. Asimismo, dicha publicación proponía la utilización de las relaciones CTS como una de las actividades que podían mejorar el rendimiento de los alumnos y aumentar su motivación.

En cuanto a la legislación española vigente en la Comunidad Autónoma de las Islas Baleares, a nivel estatal no se hace mención especial a las relaciones ciencia-tecnología-sociedad en la asignatura de Física de 2º de Bachillerato, algo que sin embargo sí ocurre en la asignatura de Física y Química de la etapa de secundaria y del primer curso de Bachillerato (Real Decreto 1105/2015). No obstante, a nivel autonómico, se establece en el Anexo 1 del Decreto 35/2015, de 15 de mayo, (modificado por el Decreto 30/2016, de 20 de mayo) que uno de los objetivos específicos de la asignatura de Física de 2º de Bachillerato consiste en comprender la profunda interrelación de esta disciplina con el resto de materias científicas y con la tecnología, así como el crucial impacto que su desarrollo puede tener en la sociedad (Decreto 35/2015).

1.2 Planteamiento del problema

A lo largo de la experiencia personal del autor del presente trabajo en la docencia con alumnos tanto de la ESO como de Bachillerato, se ha podido

observar un bajo rendimiento académico, acompañado no pocas veces de una importante falta de motivación en las materias científicas, especialmente en el caso de la física. En cuanto a las principales dificultades de aprendizaje del alumnado en esta materia, hay que tener en cuenta, en primer lugar, las ideas previas de los alumnos y cómo pueden afectar éstas en la comprensión de hechos científicos que pueden resultar en ocasiones anti-intuitivos. Asimismo, hay casos en que resulta tremendamente complicado establecer relaciones entre la teoría y la práctica, debido en parte a la falta de recursos materiales y de laboratorio existentes en cualquier centro educativo. Buenos ejemplos de ello pueden ser el estudio del átomo, la física cuántica o la teoría de la relatividad. Todo ello puede conllevar que el alumno interprete la física (o la ciencia en general) como algo ajeno a su vida cotidiana e incluso llegue a perder interés en la materia. Aún así, se ha podido constatar que cuando el docente consigue relacionar los contenidos de la asignatura con la vida diaria del estudiante, éste se muestra más participativo y motivado a la hora de adquirir dichos contenidos. Por tanto, se hace necesario adoptar una postura que permita al estudiante ver el significado práctico de la disciplina, pudiendo vincularla a la realidad que lo rodea y dotándola de una mayor relevancia cultural. De este modo, se logrará que la asignatura sea más atractiva para el estudiante, quien a la par se sentirá más participativo durante el aprendizaje de la misma.

Otra dificultad de aprendizaje aparece cuando los estudiantes han de hacer uso de las matemáticas, un lenguaje simbólico en el que a menudo gran parte del alumnado puede presentar ciertas carencias. Esto ocurre particularmente en la física, donde se recurre con frecuencia al lenguaje matemático para expresar magnitudes, fórmulas, representaciones gráficas... Como consecuencia de esta innegable conexión existente entre ambas disciplinas, las dificultades que el alumno pueda mostrar en el área de las matemáticas se traducen en dificultades en la comprensión de los conceptos físicos. Así pues, por parte del docente, se hace indispensable el diseño de prácticas o estrategias que promuevan el desarrollo tanto físico como matemático en el alumnado, de modo que el segundo sirva de puente, y no de obstáculo, para lograr el primero (Menenses y Fontana, 2018).

Frente a todo lo expuesto anteriormente, el autor del presente trabajo ha decidido plantear una propuesta de intervención que ponga en práctica metodologías basadas en el enfoque CTS para la enseñanza de la física moderna a la par que promueva la alfabetización científica de los estudiantes. Si bien es cierto que, como ya se ha comentado, se trata de un bloque de contenidos que puede resultar en determinadas ocasiones complicado de contextualizar en la vida cotidiana, también lo es que la mayoría de aplicaciones tecnológicas utilizadas a diario por los jóvenes estudiantes fueron desarrolladas a partir de dichos contenidos científicos.

Por último, la presente propuesta de intervención pretende dar a conocer a los alumnos de bachillerato que han optado por una formación científica las posibilidades a nivel laboral que les puede ofrecer el estudio de la física.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

El principal objetivo del presente trabajo es plantear una propuesta de intervención en el aula basada en un enfoque CTS para desarrollar el bloque de contenidos “Física del siglo XX” de la asignatura de Física de 2º de Bachillerato. De igual modo, dicha propuesta de intervención aspira también a incrementar la motivación y despertar el interés del alumnado por la asignatura y a contribuir a la correcta adquisición de los contenidos de la misma.

1.3.2 Objetivos específicos

Una vez definido el objetivo principal del trabajo, de éste se derivan una serie de objetivos específicos a lograr:

- Identificar y estudiar las distintas causas que motivan la situación actual de desconexión entre ciencia y sociedad.
- Plantear formas de aumentar la motivación y despertar el interés del alumnado hacia las ciencias.
- Analizar casos prácticos dotados de enfoque CTS que se han desarrollado en el aula.

- Diseñar actividades motivadoras que permitan al alumnado adquirir los conocimientos del bloque de contenidos “Física del siglo XX” a la par que mejorar sus resultados de aprendizaje.
- Despertar el interés por el trabajo científico.

2 Marco Teórico

Una vez discutida la problemática, en este punto se ofrecerá una visión más amplia de las dificultades de los alumnos y la motivación de éstos en lo referente al estudio de las ciencias. Asimismo, se contextualizará y definirá en qué consiste el enfoque CTS y se analizará el uso de sus estrategias como herramienta para revertir la situación actual en la enseñanza de la ciencia en general y de la física del siglo XX en particular.

2.1 Justificación de la metodología de búsqueda puesta en práctica

Para la elaboración del marco teórico se ha realizado una búsqueda bibliográfica sobre investigaciones en la enseñanza de las ciencias para concretar el estado de la cuestión y explorar los nuevos proyectos que se están implantando en el ámbito en cuestión. Para ello, se ha recurrido a las bases de datos de la biblioteca virtual de UNIR, Dialnet y Google Scholar.

Algunas de las temáticas elegidas para realizar dicha búsqueda bibliográfica han sido: la falta de interés y motivación de los estudiantes españoles en el estudio de las ciencias, enseñar ciencias por medio de un enfoque CTS, la física del siglo XX y su impacto en la sociedad, la alfabetización científica, etc. La falta de interés del alumnado en el área de las ciencias y la situación actual de desconexión existente entre la actividad científica y la sociedad, son las principales razones que han motivado dicha selección.

Asimismo, se ha recurrido a fuentes oficiales para consultar la normativa vigente tanto a nivel estatal como autonómico.

2.2 Falta de motivación e interés de los alumnos en el estudio de las ciencias

En los últimos años, el número de alumnos en España que deciden optar una formación en la rama de las ciencias ha ido disminuyendo. Al acabar el período de secundaria, cada vez son menos los estudiantes que muestran interés y motivación frente a la posibilidad de desarrollar su carrera académica y profesional en torno a las ciencias.

Para muchos autores, como es el caso de Méndez (2015) o Badia, Cano y Fernández (2013), una de las principales causas de esta situación es la ausencia de motivación intrínseca por parte de los estudiantes. La realidad es que hay que tener en todo momento presente que el grado de motivación del alumno no proviene solamente de su propia actitud o predisposición, sino que es consecuencia también del tipo de enseñanza recibida. Por ello, es de vital importancia fomentar la motivación intrínseca en la enseñanza de las ciencias, de modo que el alumno quiera aprender ciencias por pura satisfacción personal.

Como bien apunta Rabadán (2012), esta falta de motivación del alumnado en el estudio de las ciencias es a la vez retroalimentado por las concepciones erróneas que los medios de comunicación e incluso, en algunos casos, los propios profesores transmiten a los alumnos. Todo ello hace que los alumnos reciban una visión descontextualizada y simplista de la ciencia, percibiéndola como algo completamente ajeno a su vida cotidiana y sin conexión ni repercusión alguna en la sociedad en la que viven. Asimismo, esta visión hace que los alumnos conciban la tecnología como una simple aplicación de los conceptos científicos, siendo al mismo tiempo una actividad de menor estatus que la propia ciencia. De este modo, se olvida que a lo largo de la historia el desarrollo tecnológico ha precedido y alimentado en multitud de ocasiones el propio desarrollo científico. Por último, una visión descontextualizada de la ciencia omite también las relaciones con el ambiente natural y social, como pueden ser el desarrollo humano, la producción y uso de energías o las revoluciones industriales acaecidas a lo largo de la historia. En algunos casos, la ciencia es incluso percibida por el alumno como algo negativo, causante de multitud de males a los que se enfrenta la humanidad, como pueden ser los desastres nucleares, los residuos radiactivos o la destrucción de la capa de ozono.

Otras investigaciones, como la llevada a cabo por Solbes, Montserrat y Furió (2007), apuntan a una multitud de factores que provocan esta disminución de alumnos que optan por una formación científica, entre ellos la organización del sistema educativo. Según estos autores, las últimas leyes educativas españolas (LOGSE, LOE y LOMCE) relegan las ciencias a un plano más secundario, de modo que la formación científica no se considera prioritaria para los futuros ciudadanos. Siguiendo una línea parecida, Pozo y Gómez (2009), ven en los recientes cambios educativos en el currículo de ciencias, en el ámbito de la Reforma Educativa, una de las principales causas de la crisis de la educación científica.

2.3 Enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad en el ámbito de la enseñanza de la ciencia

Los orígenes del uso de enfoque CTS en la enseñanza secundaria se remontan a finales de los años 70 del siglo pasado, cuando en varios países occidentales, especialmente en los anglosajones, se implantaron renovaciones curriculares regidas por la premisa “*ciencia y tecnología para todos los ciudadanos*”. En muchas ocasiones, la implantación de estas propuestas CTS respondía a informes elaborados por prestigiosas asociaciones de profesores de ciencias. Tal fue el caso del informe final del *Project Synthesis*, un programa de evaluación del currículo de ciencias puesto en marcha en Estados Unidos en 1977, que tenía como objetivo principal educar al alumnado en el uso de la ciencia y la tecnología de un modo responsable para mejorar sus vidas en un contexto cada vez más tecnológico, a la par que despertar en los estudiantes aptitudes e intereses por las actividades profesionales y académicas propias del ámbito científico y tecnológico. Una vez concluido el proyecto, la *National Science Teachers Association (NTSA)* decidió iniciar un programa de búsqueda de áreas de calidad educativa en la enseñanza de las ciencias: el *SESE Program* (“*Search for Excellence in Science Education*”). Dicho programa identificó el CTS como una de las áreas, entendiendo que la finalidad de la enseñanza de la ciencia debe ser promover la alfabetización científica de la población, haciéndola capaz de comprender las interrelaciones existentes entre la ciencia, la tecnología y la sociedad (NTSA, 1982). En consecuencia, a partir de 1983 empezaron a

implantarse multitud de cursos CTS en la enseñanza secundaria en Estados Unidos, algo que de forma posterior ocurriría gradualmente también en Europa.

Tal y como define Acevedo (1997), CTS es simultáneamente un campo de estudio e investigación y una propuesta de innovación educativa. En cuanto a campo de estudio, su función es comprender y analizar el contexto social del desarrollo científico y tecnológico. Por otro lado, el enfoque CTS como propuesta de innovación educativa busca promover una amplia alfabetización científica en toda la población, de modo que ésta se muestre más participativa en la toma de control responsable del desarrollo científico- tecnológico y de sus implicaciones sociales. Así pues, los principales objetivos del uso de un enfoque CTS en la educación de las ciencias son:

- Incrementar el interés del alumnado por las actividades profesionales propias de la ciencia y la tecnología, mediante un aumento de los conocimientos científicos y tecnológicos, así como de las relaciones existentes entre ellos.
- Estimular el desarrollo de valores científicos y tecnológicos en el alumnado, de modo que se comprendan mejor sus implicaciones sociales, atendiendo especialmente a los aspectos éticos necesarios para el desarrollo responsable.
- Facilitar a los alumnos una mayor comprensión de las implicaciones sociales del desarrollo científico-tecnológico, de modo que logren tener una participación eficaz y constructiva en la sociedad.

En estudios posteriores, Acevedo, Vázquez y Manassero (2003) identifican el movimiento CTS como el marco de referencia para afrontar los retos educativos existentes, ya que una enseñanza de la ciencia contextualizada representa el medio más adecuado para lograr la alfabetización científica de los alumnos y de la sociedad en general. Estos autores, apuntan a la aparición de nuevos factores que señalan la necesidad de un currículo distinto en educación, que tenga en cuenta el carácter social de la ciencia y al cada vez más presente desarrollo tecnológico ligado a ésta. Entre estos factores se encuentran la disminución del interés que los alumnos muestran por la ciencia, el aumento de la conciencia social sobre el desarrollo sostenible y la conservación del medio ambiente o la presencia cada vez mayor de la tecnología en el currículo. En definitiva, se hace

necesaria la incorporación a los currículos de la dimensión cultural de la ciencia, sus aplicaciones y su relación con la tecnología, todo ello enmarcado en el contexto social, político y económico propio de la experiencia cotidiana y del mundo real. La ciencia a enseñar debe responder a las demandas y necesidades reales de los alumnos en la sociedad contemporánea.

2.4 Uso de estrategias CTS para aumentar la motivación de los alumnos

Como se ha visto en el anterior apartado, el uso correcto de estrategias CTS supone una herramienta muy potente y valiosa a la hora de mejorar la enseñanza de la ciencia y lograr la alfabetización científica no sólo de los alumnos sino de toda la sociedad en general. No obstante, teniendo en mente los problemas motivacionales y la carencia de interés que el alumnado muestra por la ciencia en la actualidad, tal y como se ha analizado en el presente trabajo, cabe preguntarse: ¿Cómo el uso de estas estrategias puede ayudar a incrementar la motivación y despertar el interés de los alumnos frente al estudio de la ciencia?

En primer lugar, es importante incidir en el trinomio que da nombre a esta práctica educativa en cuestión: *ciencia, tecnología y sociedad*. Se trata de tres entes que deben ser vistos como inseparables e íntimamente relacionados entre sí, de modo que uno no puede evolucionar sin la existencia de los otros dos. Bajo esta premisa, la ciencia y, por ende, la tecnología, adquieren un carácter social, mientras que la sociedad se desarrolla en un contexto científico-tecnológico. El individuo social toma así, mediante el uso de la ciencia y la tecnología, cierto poder de incidencia sobre la realidad que regula su vida cotidiana. La ciencia y la tecnología dejan de ser organismos de naturaleza *externa* al individuo y que regulan su quehacer diario, para pasar a ser herramientas accesibles en favor de una mejora en la vida del individuo. Aplicando esta visión a la enseñanza de la ciencia, se abandona en cierto modo el modelo tradicional en que el alumno es objeto pasivo en los procesos de enseñanza-aprendizaje. Por contra, al acercar la ciencia y la tecnología al alumno, toma éste un rol protagonista implicándose en su propio proceso de enseñanza-aprendizaje, rompiendo con la monotonía y adoptando actitudes más positivas y motivadoras frente a los

conocimientos a adquirir (De Manuel, 2004; Acevedo et al. 2003, Solbes y Vilchez, 1997; Caamaño, 1995; Caamaño, 2011a).

Del mismo modo, Aikenhead (2003) ha señalado también el efecto positivo que tiene la inclusión de aspectos CTS en la enseñanza de las ciencias. El hecho de relacionar los conceptos científicos con la vida cotidiana, hace que los alumnos se deshagan de esa visión descontextualizada y distante de la ciencia, para adoptar un esquema en el que la ciencia tiene alta relevancia social y cultural en el entorno, algo que despierta la motivación intrínseca y el interés de los estudiantes, a la par que mejora la imagen que se tiene de la actividad científica en general. Las asignaturas de ciencias dejan de ser entonces percibidas como difíciles, distantes o tremendamente teóricas, para ser vistas como materias integradas de forma completa a la realidad y cuyas aplicaciones tiene un alto grado de relevancia en el contexto social.

Por último, y siguiendo la misma línea, Shamos (1993) comenta que al conectar la ciencia con la vida cotidiana de los alumnos, la motivación y el interés de éstos pueden verse incrementados, llegando incluso a esforzarse más para comprender los contenidos estudiados. De igual forma, este autor apunta que dotar de relevancia cultural a la enseñanza de la ciencia influye de forma positiva a la formación de futuros buenos ciudadanos; es decir, al tomar conciencia de los problemas sociales vinculados a la ciencia, los estudiantes se interesan más por la ciencia en sí misma.

2.5 Enseñanza CTS: estructura, contenidos, estrategias y dificultades

Como se ha mostrado hasta ahora, la educación CTS es un amplio movimiento que busca la alfabetización científica de la ciudadanía mediante métodos que acerquen la actividad científica a la vida cotidiana, de modo que las interrelaciones entre la propia ciencia, la tecnología y la sociedad permitan la contextualización de la propia ciencia y la tecnología en un marco social bien definido. Sin embargo, el impacto y la influencia de un proyecto o curso con enfoque CTS concreto vendrá definido por una serie de aspectos. Dichos aspectos o características son analizadas a continuación.

2.5.1 Estructura de un proyecto o curso CTS

Existen multitud de puntos de vista de cómo introducir CTS en un curso o proyecto educativo, no obstante, una forma tradicional de clasificarlos es según el grado de importancia de cada una de las dimensiones CTS en la estructura de dicho proyecto o curso (Acevedo, 1997):

- Inserción de CTS en el currículo de ciencias: Se puede hacer mencionando aspectos CTS para motivar al alumnado, insertando unidades CTS en la programación didáctica o integrando actividades CTS en una unidad didáctica concreta.
- Ciencia y tecnología a través de CTS: Puede ser de carácter disciplinar, llevándose a cabo en una asignatura concreta, o de carácter multidisciplinar, mediante proyectos transversales que afecten a las programaciones de varias asignaturas en un mismo curso.
- CTS puro: La dimensión social toma especial protagonismo y se ve complementada por los contenidos científicos y tecnológicos relacionados con ella.

Dada la enorme diferencia en el modo de proceder en cada una de estas tres clasificaciones, la elección de una estructura u otra dependerá de las finalidades del proyecto educativo o curso en cuestión.

2.5.2 Contenidos de un proyecto o curso CTS

Una vez analizada la estructuración de un proyecto o curso con enfoque CTS, es interesante explorar las dimensiones de los contenidos de dichos cursos o proyectos (Acevedo, 1997):

- Naturaleza de la ciencia y la tecnología: Las relaciones entre ciencia y tecnología son el eje central, mientras que la dimensión social se centra en los aspectos filosóficos y etimológicos de ambas disciplinas.
- Cuestiones sociales externas a la ciencia y la tecnología: La dimensión social es la protagonista. Se muestra la influencia de la sociedad en la ciencia y la tecnología, así como el efecto que el desarrollo de éstas tiene en la evolución de la primera.
- Procesos tecnológicos: Se centra en las aplicaciones de la ciencia, así como en el diseño y la producción de dispositivos tecnológicos.

2.5.3 Estrategias de un proyecto o curso CTS

Las principales prácticas docentes y estrategias de enseñanza-aprendizaje a implementar en un proyecto o curso CTS son (Membiela, 2001; Acevedo 1996):

- Resolución de problemas abiertos con toma de decisiones conjunta
- Elaboración de proyectos en pequeños grupos de forma cooperativa
- Realización de trabajos prácticos de campo
- Juegos de *role-playing*
- Realización de foros y debates
- Explicaciones o talleres impartidos por especialistas en el aula
- Visitas a fábricas, museos, exposiciones, etc.
- Breves períodos de formación en empresas y centros de trabajo
- Etc...

En general, el estudio de las interrelaciones entre los desarrollos científicos, tecnológicos y sociales ayuda a incrementar los conocimientos propios de la ciencia y de la tecnología, a la par que potencia los valores éticos y morales ligados a ambas disciplinas. De igual modo, facilita una mayor comprensión de los aspectos sociales de la ciencia y la tecnología (Acevedo, 1996; Acevedo, 1997).

2.5.4 Dificultades de un proyecto o curso CTS

Después de haber visto algunas las ventajas de la implementación de estrategias con enfoque CTS puede aportar en la enseñanza de la ciencia contextualizada, toca ahora comentar algunas de las principales dificultades de este tipo de práctica (Membiela, 2001):

- Las concepciones previas que tanto alumnos como profesores sobre la temática CTS.
- La especialización disciplinar que el profesorado recibe en su formación choca con el carácter naturalmente interdisciplinar de la perspectiva CTS.
- La influencia de evaluaciones externas del sistema educativo, que habitualmente no contemplan el uso de estrategias CTS.
- La pobre investigación existente que apoye el enfoque CTS como herramienta beneficiosa a la hora de enseñar ciencia.

- El miedo del profesorado de ciencias de perder su identidad como principales facilitadores de la ciencia a sus alumnos.

Por último, resulta de especial interés comentar la importancia del papel del profesor en el éxito de la implantación de un proyecto o curso CTS. Ante todo, es crucial que el propio docente crea en la orientación CTS, mostrando siempre una personalidad proactiva y creando un clima acogedor y estimulante en el aula y dotando de flexibilidad una planificación educativa previamente bien estudiada. Debe promover la comunicación en el aula y tratar de obtener una mayor actividad y autonomía por parte del grupo clase, potenciando de este modo el pensamiento crítico, la creatividad y la libertad intelectual de sus alumnos (Acevedo, 1996; Acevedo 1997, Membiela, 2001).

2.6 Casos prácticos de Física del siglo XX como temática CTS

Como se ha comentado previamente en el presente trabajo, los conocimientos científicos pertenecientes al campo de la física generados y desarrollados a lo largo del siglo XX han tenido un profundo impacto social en la humanidad. No sólo en relación a la visión del cosmos que el ser humano tiene a día de hoy y que difiere notablemente de la que tenía hace poco más de un siglo, sino también a nivel tecnológico, campo en que se ha producido una verdadera revolución que ha cambiado completamente la vida cotidiana de toda la sociedad mundial. En este apartado se exponen varios casos prácticos con enfoque CTS llevados a cabo en el aula para la enseñanza de algunos contenidos concretos pertenecientes a la física generada en el siglo XX.

Caamaño (2011b), apunta a que una de las causas del rechazo de la Física por parte de los alumnos es el carácter tradicional de la evaluación de su aprendizaje. Si bien algunos estudios, como es el caso de los informes PISA, proponen aplicar conocimientos y procedimientos científicos a situaciones propias de la vida real, este tipo de innovaciones acaban por no ser introducidas en los nuevos currículos puestos en práctica en las aulas y, por tanto, acaban sin formar parte de la evaluación. Como bien indica este autor, “lo que no se evalúa directamente no existe para el estudiante” (Caamaño, 2011b, p. 186), de modo que se hace altamente recomendable introducir cuestiones o aspectos CTS en la

evaluación. Entre las cuestiones procedimentales de tipo CTS propuestas por el autor, hay algunas que se pueden relacionar directamente con los contenidos propios de la física del siglo XX:

- *Cita y comenta alguna evidencia experimental que indique:*
 - *La naturaleza corpuscular de la luz.*
 - *La naturaleza ondulatoria de la luz.*
- *Indica las principales aplicaciones de los isótopos radiactivos.*
- *La construcción actual de centrales nucleares provoca una gran oposición. Indica las razones.*

Una vez vistos algunos ejemplos de actividades de reflexión que permiten introducir aspectos CTS para la enseñanza de la física moderna, centrémonos en algunos casos específicos para la enseñanza de contenidos concretos del bloque en cuestión. Sin bien algunas de las propuestas descritas a continuación son, debido a la naturaleza de los contenidos tratados, en su mayoría de carácter más bien teórico, es importante destacar que todas ellas buscan enseñar ciencia de forma contextualizada, aspecto que, como se ha comentado ya a lo largo del presente trabajo, resulta fundamental desde la perspectiva CTS.

2.6.1 Enfoque CTS en la enseñanza de la Teoría Especial de la Relatividad

La Teoría Especial de la Relatividad, propuesta por Albert Einstein en el año 1905, supuso una auténtica revolución en cuanto a la imagen que de el mundo tenía el ser humano. Es por ello que Pérez y Solbes (2006), diseñaron una propuesta sobre la enseñanza de la Relatividad en Bachillerato como motivación para el aprendizaje de la física. La estructura de la propuesta sería la siguiente:

1. Planteamiento de la situación problemática: Para que la propuesta realmente motive al alumnado, la justificación debe estar integrada dentro de la lógica propia de 2º de Bachillerato y los problemas a los que responde. Así pues, el primer paso consiste en hacer que los alumnos planteen el paradigma de la física clásica que han estudiado hasta el momento y que conciben la importancia del papel que los conceptos *espacio* y *tiempo* juegan en él. Algunas actividades encaminadas a lograr esta reflexión por parte del estudiante consisten en plantear preguntas como las que se muestran a continuación:

- *Según la física clásica, ¿Cómo se conciben el espacio y el tiempo, la materia y las radiaciones?*
- *Menciona algunos de los problemas que desembocaron en la crisis de la física clásica.*

Las nociones espacio y tiempo conllevan la introducción del concepto de sistema de referencia espacio-temporal y a plantear la pregunta de si existen o no puntos privilegiados a la hora de describir el mundo físico que nos rodea. Un ejemplo de cómo introducir esta cuestión en el aula podría ser plantear el siguiente juego entre dos observadores:

- *Supón la siguiente situación: una persona que se encuentra en la orilla de un río lanza una pelota hacia arriba y la recoge. Otra persona situada en un barco que navega por el río con un movimiento rectilíneo uniforme realiza la misma acción. ¿Existe alguna diferencia en la forma en que las dos personas observarán el movimiento de cada una de las pelotas?*

Esta reflexión nos conduce a afirmar que las leyes de la mecánica son las mismas para un sistema en reposo y para otro que se está moviendo de forma rectilínea e uniforme respecto al primero. Se trata del principio de relatividad de Galileo. De este modo, se introduce el concepto de sistema de referencia inercial y conlleva plantear cómo se transforman las coordenadas de una partícula al medirlas desde dos sistemas inerciales diferentes. La respuesta a esta cuestión, desde una perspectiva clásica o newtoniana, son las transformaciones de Galileo. Una forma de plantearlas en el aula sería mediante una cuestión del tipo:

- *Un conductor viaja en coche a 90 km/h detrás de otro coche que se mueve a 100 km/h. Un tercer coche viaja a 100 km/h en sentido contrario. ¿A qué velocidad se mueven ambos coches respecto al primer conductor?*

Según las transformaciones de Galileo, el segundo coche va a $100 - 90 = 10$ km/h y el tercero a $100 + 90 = 190$ km/h.

Una vez planteada la interpretación clásica, cabe plantear al estudiante los aspectos que cuestionan dicha interpretación:

- *Te encuentras en la Tierra viajando a una velocidad de 30 km/s detrás de un rayo de luz, que se mueve a $c = 300.000$ km/s. Si otro rayo de luz viaja a c en sentido contrario, ¿A qué velocidad se mueven ambos rayos respecto a tu posición en la Tierra?*

Bajo el marco de la física clásica, es decir, aplicando las transformaciones de Galileo, un rayo circularía a $c - 30$ km/s = 299.970 km/s y el otro lo haría a $c + v = 300.030$ km/s. No obstante, experimentalmente la velocidad de la luz en el vacío es la misma independientemente del sistema de referencia del observador que toma la medida, hecho que supuso una grieta en el marco de la física newtoniana.

Mediante actividades de este tipo, el estudiante comprende cómo funciona la construcción de conocimiento científico y se da cuenta de la necesidad existente a principios del siglo pasado de un cambio radical que tambalease los cimientos de la física newtoniana.

2. Construir los fundamentos de la Relatividad: Una vez el estudiante se ha percatado de la necesidad por parte de la física de encontrar una respuesta adecuada a la problemática, resulta apropiado que el profesor introduzca los postulados de la nueva teoría y que el alumno reflexione sobre ellos y las consecuencias que los siguen. Por encima de las relaciones matemáticas propias de la teoría, es muy importante que dichos postulados sean vistos como verosímiles por los alumnos y que éstos comprendan por qué responden a la problemática. A continuación, el docente puede guiar a los estudiantes a explorar las múltiples consecuencias que se derivan de los propios postulados relativistas, introduciendo y aclarando conceptos como son la simultaneidad y la pérdida de la universalidad de los conceptos de espacio y tiempo desde los distintos sistemas de referencia inerciales. Llegados a este punto, los autores proponen una forma práctica de ilustrar todos estos aspectos teóricos en el aula sin necesidad de recurrir a una excesiva matematización que complique la asimilación conceptual de los estudiantes. Se trata de un reloj de luz, formado por un cilindro en cuya base inferior se emite luz y en cuya base superior hay un espejo (figura 3) (Pérez y Solbes, 2006).

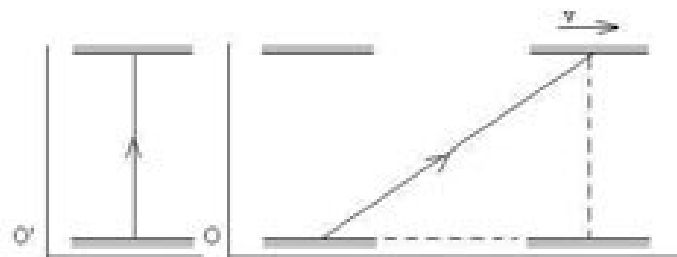


Figura 3: Esquema del funcionamiento de un reloj de luz. (Pérez y Solbes, 2006).

En el esquema de la figura 3, O y O' representan a dos observadores, inicialmente superpuestos. El observador O', que encuentra ligado al reloj, se mueve con una velocidad v respecto al observador O. Observando la figura, se hace patente que el camino recorrido por el rayo de luz es distinto para ambos observadores. Teniendo en cuenta el postulado que afirma que la velocidad de la luz es la misma para todo observador, se deduce que el tiempo medido por cada observador (O y O'), es distinto.

Como bien apuntan estos autores, la explicación de un experimento como este permite al docente, sin tener que echar mano de complicaciones matemáticas innecesarias, introducir la noción de dilatación temporal, que servirá como punto de partida para nuevas actividades que contribuirán a la aparición de otro concepto clave en la Teoría de la Relatividad Especial: la contracción de la longitud.

3. Describir en líneas generales la nueva dinámica relativista y sus principios de conservación:

La redefinición de conceptos como espacio y tiempo, exige a su vez una modificación de los conceptos de energía (E) y cantidad de movimiento (p), de modo que las leyes de conservación no se violen. En este apartado los autores proponen una serie de cuestiones y actividades que permitan al estudiante reflexionar sobre estas cuestiones. A continuación se citan algunas de ellas:

- *Indica en qué condiciones son la cantidad de movimiento clásica y relativista prácticamente coincidentes.*

- *¿Por qué una partícula de masa m no puede moverse a la misma velocidad que un rayo de luz?*
- *¿Qué valores toman la energía y la velocidad de una partícula de masa $m = 0$?*

4. Contextualización: Una vez analizadas las profundas implicaciones y consecuencias de esta teoría, Pérez y Solbes (2006) hacen especial hincapié en la necesidad de contextualizar el desarrollo de la misma. Mediante relaciones CTS y la propia historia de la ciencia, se rechazan todo tipo de visiones descontextualizadas del desarrollo de conocimiento científico, permitiendo que los estudiantes adopten valores y actitudes favorables a su propia formación cultural. Y es que la Relatividad ofrece multitud de posibilidades didácticas: poner de manifiesto los errores científicos de Einstein en el desarrollo de su teoría, su compromiso social y anular la visión del científico como alguien ajeno a la evolución de la sociedad; la visita que el mismo Einstein hizo a España a principios del siglo XX debido a la buena situación científica del país puede ayudar a los alumnos a ver que el desarrollo de conocimiento científico no es algo solamente propio de otros países europeos; la influencia de la Relatividad en toda la cultura mundial (filosofía, arte, literatura...), dotando a la ciencia de un papel protagonista en la cultura de la sociedad actual.

Ambos autores pusieron en práctica la propuesta con 43 estudiantes de 2º de Bachillerato, mientras que otros dos profesores hicieron lo propio con otros 64 alumnos del mismo curso. Para evaluar la eficacia de la propuesta se usaron cuestionarios de conceptos y actitudes y fueron comparados con un grupo de control. Los resultados mostraron que los estudiantes experimentales mejoraron significativamente en: identificar errores y saber corregirlos, adquirir nuevos conocimientos, familiarizarse con métodos propios del trabajo científico, relaciones CTS, participación activa en clase, interés por las disciplinas científicas y trabajo en equipo.

2.6.2 Enfoque CTS en la enseñanza de la física cuántica

Si la aparición de la Teoría de la Relatividad supuso una importante revolución en el desarrollo de conocimiento científico, no menos lo fue el surgimiento de la física cuántica. Solbes y Sinarcas (2010) realizaron una propuesta didáctica de enseñanza de esta teoría mediante relaciones CTS en alumnos de 2º de

Bachillerato. Los estudiantes trabajaron en pequeños grupos para abordar actividades relacionadas con los fundamentos de la teoría cuántica, siendo guiados por el profesor, quien tenía la función de reformular y complementar las distintas cuestiones planteadas por cada uno de los grupos.

En primer lugar, los autores optan por señalar los objetivos de la propuesta, así como las principales dificultades que los alumnos suelen tener frente a la asimilación de los contenidos propios de la física cuántica (tabla 1).

Tabla 1: Objetivos de la propuesta y dificultades detectadas.

OBJETIVOS	DIFICULTADES
1. Comprender que la física clásica funciona con los modelos de partícula y onda, deterministas, incapaces de explicar ciertos fenómenos experimentales.	No ven la física cuántica como un cambio necesario frente a las incapacidades de la física newtoniana.
2. Explicar la cuantificación de la luz, la materia y determinadas magnitudes (E; L...).	No saben relacionar un salto de un electrón entre dos niveles con la correspondiente banda de color del espectro atómico.
3. Comprender que los electrones, protones, fotones, etc. no son ni ondas ni partículas clásicas, sino nuevos objetos con un nuevo comportamiento, de carácter cuántico.	Representan los electrones, los protones, los fotones, etc. como partículas clásicas (con trayectoria u órbita). Interpretan erróneamente la dualidad (ondas y partículas, ondas o partículas según la experiencia).
4. Comprender la función de estado y su interpretación probabilística.	No tienen una imagen clara de lo que la función de estado representa. No tienen una imagen clara de lo que un orbital representa.
5. Comprender el significado de las relaciones de incertidumbre de Heisenberg.	Interpretan las relaciones de incertidumbre como un error en la medida debido a la pequeñez del electrón, el protón, etc.
6. Conocer los límites de validez de la física clásica y señalar las principales diferencias entre física clásica y cuántica.	Al no ver la física cuántica como un cambio frente a la física newtoniana, no tienen claros ni los límites de validez clásicos ni las principales diferencias entre ambas.
7. Familiarizarse con los métodos de trabajo de los científicos.	Desconocen los procedimientos implicados y no saben qué hacer cuando la teoría y los resultados experimentales difieren.
8. Valorar el importante desarrollo científico y técnico que supuso la física cuántica.	No ven las conexiones de la física cuántica con la tecnología y la sociedad.

Fuente: Elaboración propia, a partir de Solbes y Sinarcas (2010).

A continuación, se establece el siguiente itinerario a seguir para abarcar todos los conceptos y cuestiones que el estudio de la física cuántica a este nivel requiere:

1. Efecto fotoeléctrico
2. Espectros atómicos y modelo de Bohr
3. De Broglie y la difracción de electrones
4. Relaciones de incertidumbre de Heisenberg
5. La función de onda y su interpretación probabilística
6. Aplicaciones de la Física Cuántica
7. Recapitulación de la Física Moderna

A lo largo del estudio de los distintos temas, se proponen varias actividades que, en menor o mayor grado, ponen de manifiesto las relaciones que la teoría cuántica tiene con la sociedad y la tecnología.

En muchos de los casos, se trata de aplicaciones de la física cuántica, todas ellas resumidas de nuevo en el capítulo 6. Para el efecto fotoeléctrico podemos destacar las alarmas antirrobo, los fotómetros o los detectores de humo; mientras que el estudio de los espectros de emisión atómicos supuso la base para el desarrollo de la tecnología láser y sus múltiples aplicaciones: desde lectores de códigos de barras a la fibra óptica o aplicaciones en el campo de la medicina y la industria. Del mismo modo, la difracción de electrones permitió el diseño e invención tanto del microscopio electrónico como del microscopio de efecto túnel, herramienta esta última que ha revolucionado e impulsado recientemente el campo de la nanotecnología.

En cuanto al último capítulo, sirve de síntesis y repaso de todos los contenidos tratados en los capítulos anteriores. No obstante, merece especial mención la última actividad que los autores proponen, que consiste en la lectura de un texto referente a cómo el contexto político y social previo al estallido de la Segunda Guerra Mundial condicionó el desarrollo científico mundial de las décadas posteriores. Se permite de este modo que los estudiantes comprendan las contribuciones no sólo científicas, sino también políticas y sociales del surgimiento de la física cuántica. De igual forma, se les da la oportunidad de

reflexionar sobre los efectos que un régimen totalitario puede tener en el desarrollo científico-tecnológico de la sociedad.

2.6.3 Enfoque CTS en la enseñanza de la energía nuclear

La energía nuclear es uno de los temas relacionados con la física moderna que más debate social ha generado a lo largo de las últimas décadas. Como apuntan García-Carmona y Criado (2008) en su trabajo, los principales motivos que suscitan esta controversia social se encuentran el uso de la energía nuclear con fines militares, el riesgo de producción y control de las centrales nucleares y el impacto medioambiental de los residuos que éstas generan. Estos autores apuntaron la necesidad de abordar el problema desde las múltiples perspectivas CTS ya en las etapas más básicas de la educación, de modo que la población se construya opiniones fundamentadas, a partir del planteamiento de problemas cotidianos.

Por ello, se propusieron realizar una experiencia educativa con alumnos de 3º de ESO que tenía como objetivo el desarrollo de su competencia social y ciudadana a partir del análisis de la problemática generada en torno a la energía nuclear. Para valorar el grado de consecución de dicho objetivo, se plantearon una serie de preguntas:

- *¿Qué conocimientos iniciales poseen los alumnos sobre la energía nuclear? (aspectos científico-tecnológicos, controversias...)*
- *¿Qué postura muestran inicialmente los alumnos frente a la producción de energía nuclear? ¿Cómo argumentan dicha postura?*
- *¿En qué medida se modifican y/o refuerzan sus posturas y argumentos una vez llevada a cabo la experiencia educativa?*
- *¿Qué interés tiene para los alumnos aprender sobre la energía nuclear y sus implicaciones CTS?*

Adoptando una metodología guiada por el aprendizaje por investigación se planteó una pregunta inicial a los estudiantes que sirviera como eje central de la propuesta didáctica: “*¿A favor o en contra de la energía nuclear?*”. Una vez planteado el interrogante, se puso especial énfasis en la importancia de dar una respuesta siempre fundamentada desde el conocimiento y la reflexión crítica. Dentro del bloque de contenidos ‘Ciencia y Sociedad’, los autores diseñaron una

unidad didáctica breve complementada con una serie de actividades con el objetivo de motivar y estimular al alumnado en su aprendizaje del temario y con la finalidad educativa de adquirir nociones básicas sobre la energía nuclear, sus aplicaciones y las interacciones CTS que giran en torno a la misma. En grupos de tres o cuatro integrantes, los alumnos interpretaban la información encontrada en las distintas actividades y, siempre bajo la guía del profesor, intercambiaban ideas y opiniones y elaboraban respuestas de forma consensuada. A continuación, cada grupo exponía sus conclusiones a los demás, con la finalidad de discutirlos y llegar entre todos a la respuesta más adecuada o mejor argumentada.

La experiencia educativa se implementó en un grupo de 25 alumnos (11 chicas y 14 chicos) de 3º de la ESO de un colegio público de Sevilla en la asignatura de Física y Química. Al iniciarse la propuesta, la gran mayoría del grupo presentaba un conocimiento pobre en relación a la energía nuclear, sus aplicaciones y los aspectos CTS que en torno a ella se derivan. No obstante, con una enseñanza contextualizada de la energía nuclear, basada en sus relaciones CTS, la mayoría de estudiantes adquirieron una serie de ideas y conocimientos básicos sobre la energía nuclear y sus aplicaciones, hecho que les permitió expresar sus opiniones y defender sus posturas de forma crítica y razonada, progresando así en el desarrollo de sus competencias social y ciudadana.

3 Propuesta de Intervención

3.1 Presentación de la propuesta

En los puntos anteriores del presente Trabajo de Fin de Máster, se ha expuesto la justificación del problema planteado, el fundamento teórico en el que se enmarca y, a modo de ejemplo, se han descrito algunas actividades que recurren al enfoque CTS en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la ciencia. A partir de aquí se desarrollará una propuesta de intervención con la finalidad de dar respuesta a la situación planteada. En primer lugar, se contextualizará la intervención para un curso educativo concreto, teniendo en cuenta la legislación vigente. A continuación, se definirán los contenidos, los objetivos a lograr y las competencias a desarrollar, así como la metodología a seguir dentro de dicha propuesta. Por último, se diseñarán una serie de actividades, aclarando su

consiguiente temporalización, que conformarán la unidad didáctica titulada “Física Moderna”.

3.2 Contextualización de la propuesta

La propuesta didáctica de intervención que se presenta en este Trabajo de Fin de Máster se desarrollará en un centro de enseñanza secundaria de la Comunidad Autónoma de las Islas Baleares. De acuerdo con el artículo 36 del Estatuto de Autonomía de dicha comunidad, se atribuye a la misma la competencia de desarrollo legislativo y de ejecución de la enseñanza en toda su extensión, niveles y grados, modalidades y especialidades. En uso de dicha competencia, el Gobierno Balear aprobó, a petición de la Consejería de Educación, Cultura y Universidades, el Decreto 35/2015, de 15 de mayo (modificado por el Decreto 30/2016, de 20 de mayo), por el cual se regula el currículo correspondiente al Bachillerato en la Comunidad Autónoma de las Islas Baleares. Por tanto, los siguientes apartados que se desarrollarán en la presente propuesta didáctica, lo harán en base a dicho Decreto.

El centro en cuestión, que es de carácter público y lleva varios años en funcionamiento, está situado en las afueras de la ciudad de Ciutadella de Menorca, donde el nivel socio-económico es medio-alto. Los recursos didácticos de que dispone son bien variados: libros de texto, pizarras digitales, ordenadores portátiles con conexión a Internet y proyectores en todas las aulas. Asimismo, el centro tiene a su disposición una biblioteca, que además de multitud de libros cuenta con varias colecciones de revistas especializadas, y con una sala de informática, donde profesores y alumnos tienen a su disposición numerosos equipos informáticos con conexión a Internet. Por último, el centro educativo también cuenta con un laboratorio de Física y Química perfectamente equipado para la realización de experimentos propios de dicha asignatura.

Los destinatarios de la presente propuesta de intervención didáctica son un sólo grupo de alumnos que cursan la asignatura de Física en 2º de Bachillerato. Se trata, por tanto, de estudiantes de la modalidad de ciencias, ya que dicha materia se encuadra dentro de esta modalidad. En cuanto al grupo en cuestión, está formado por un total de 21 alumnos (13 chicos y 8 chicas), ninguno de los cuales presenta necesidades educativas especiales.

3.3 Intervención en el aula

3.3.1 Objetivos

Para las actividades diseñadas en esta propuesta didáctica, se fijarán una serie de objetivos para el bloque de contenidos trabajado en el aula. No obstante, la legislación vigente en las Islas Baleares establece una serie de objetivos curriculares para la etapa de Bachillerato. Dichos objetivos se recogen tanto a nivel autonómico en el artículo 4 del Decreto 35/2015, de 15 de mayo (modificado por el Decreto 30/2016, de 20 de mayo), como a nivel estatal en el artículo 25 del Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre. Cabe añadir que, aunque las actividades planteadas han sido configuradas para dar cumplimiento a dichos objetivos curriculares, debido a la naturaleza de la presente propuesta, se trabajarán principalmente aquellos con mayor vinculación con la perspectiva CTS. Los objetivos de etapa seleccionados se citan a continuación:

1. Consolidar una madurez personal y social que les permita actuar de forma responsable y autónoma y desarrollar su espíritu crítico.
2. Utilizar con solvencia y responsabilidad las tecnologías de la información y la comunicación. Valorar la necesidad hacer un uso seguro y responsable de las tecnologías digitales, cuidando la gestión de la identidad personal y respetando la de los demás.
3. Acceder a los conocimientos científicos y tecnológicos fundamentales y dominar las habilidades básicas propias de la modalidad escogida.
4. Comprender los elementos y procedimientos fundamentales de la investigación y de los métodos científicos. Conocer y valorar de forma crítica la contribución de la ciencia y la tecnología en el cambio de las condiciones de vida, así como consolidar la sensibilidad y el respeto hacia el medio ambiente.

Paralelamente a los objetivos curriculares citados anteriormente, la propuesta diseñada deberá concretar una serie de objetivos específicos que derivan de los contenidos y criterios de evaluación del bloque de materia en cuestión, incluidos en el Real Decreto 1105/2014 y en el Decreto autonómico 35/2015 (modificado por el Decreto 30/2016). Así pues, los objetivos específicos para el bloque VI “Física del siglo XX” que la propuesta didáctica aspira a cumplir son los que se citan a continuación:

1. Reconocer los retos a los que se enfrenta la física actual y el cambio sustancial que ha experimentado a partir del siglo XX.
2. Comprender que la física no es una ciencia aislada, sino que tiene una profunda interacción con otras áreas científicas y con la tecnología, y que su desarrollo está determinado por la sociedad.
3. Analizar las fronteras de la física clásica a finales del siglo XIX e inicios del XX y poner de manifiesto la incapacidad de la física clásica para explicar determinados procesos.
4. Describir las características fundamentales de la radiación láser, los principales tipos de láseres existentes, su funcionamiento básico y su papel en la sociedad actual.
5. Valorar las aplicaciones de la energía nuclear en la producción de energía eléctrica, radioterapia, datación en arqueología y la fabricación de armas nucleares.
6. Justificar las ventajas, desventajas y limitaciones de la fusión y la fisión nuclear.

De igual forma, también se plantean objetivos didácticos propios de las actividades que se llevarán a cabo en la puesta en práctica de la propuesta, siendo éstos:

7. Usar de manera autónoma y responsable las tecnologías de la información y la comunicación para el estudio de los temas planteados y de actualidad científica vinculados a las actividades propias de la asignatura de Física.
8. Comprender la influencia de la Teoría de la Relatividad en toda la cultura mundial y en el papel de la ciencia en la sociedad actual.
9. Entender la influencia del desarrollo de la física cuántica y sus múltiples aplicaciones en la revolución tecnológica vivida en la segunda mitad del siglo XX e inicios del siglo XXI.
10. Adquirir nociones básicas sobre la energía nuclear, sus aplicaciones y las interacciones CTS que giran en torno a la misma, permitiendo construir opiniones críticas y fundamentadas sobre las ventajas y desventajas de su uso en la sociedad.

3.3.2 Competencias

En el Decreto 35/2015, de 15 de mayo (modificado por el Decreto 30/2016, de 20 de mayo), artículo 5, se definen las competencias como: “capacidades para aplicar de manera integrada los contenidos propios de la etapa educativa para conseguir llevar a cabo actividades de forma adecuada y resolver problemas complejos de forma eficaz” (p. 7). Igualmente, el Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, adopta la denominación de competencias clave definidas por la Unión Europea como: “aquellas que todas las personas precisan para su realización y desarrollo personal, así como para la ciudadanía activa, la inclusión social y el empleo” (p. 170). Tanto la legislación autonómica como la estatal identifican siete competencias clave, las cuales se citan a continuación:

1. Comunicación lingüística (CL).
2. Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología (CMCT).
3. Competencia digital (CD).
4. Aprender a aprender (AA).
5. Competencias sociales y cívicas (CSC).
6. Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor (SIEE).
7. Conciencia y expresiones culturales (CEC).

En cuanto a la presente propuesta de intervención, ésta pretende contribuir al desarrollo de las siguientes competencias clave:

- Comunicación lingüística (CL): En el análisis de textos científicos, en la participación de debates en clase y en la realización de las distintas actividades propuestas, los alumnos deben expresarse de forma tanto oral como escrita, haciendo uso de un lenguaje científico adecuado y de construcciones gramaticales completas y correctas.
- Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología (CMCT): En la puesta en práctica de las actividades propuestas, los alumnos tienen que trabajar mediante el uso de conceptos y ecuaciones matemáticas, realizando cálculos necesarios para resolver problemas o tratar datos e interpretar resultados de forma correcta (competencia matemática). De igual forma, tienen que identificar y entender las distintas aplicaciones que los conceptos y procesos científicos estudiados

tienen en el plano de la tecnología actual (competencias básicas en ciencia y tecnología).

- Competencia digital (CD): Los alumnos se apoyan en las tecnologías de la información y la comunicación para identificar, recoger y seleccionar información que permita dar respuesta a las preguntas planteadas. De igual modo, han de recurrir al uso de herramientas digitales para la correcta realización de algunas de las actividades grupales planteadas.
- Aprender a aprender (AA): La resolución de problemas y cuestiones de carácter tanto teórico como práctico permite distinguir entre lo que se conoce y lo que no, así como diseñar estrategias resolutorias, seguir una línea de razonamiento y evaluar de forma adecuada los resultados. Asimismo, el análisis de textos científicos fomenta tanto el hábito de lectura como la autonomía en el aprendizaje, el espíritu crítico y la curiosidad. Todo ello incide en la competencia clave de aprender a aprender.
- Competencias sociales y cívicas (CSC): Mediante la participación activa en debates e intercambiando de ideas y posturas en el aula, los alumnos trabajan la capacidad de comunicarse de manera constructiva, mostrándose tolerantes y siendo capaces de respetar la diversidad de opiniones de los compañeros. De igual forma, en la realización de las actividades se fomenta la solidaridad frente a los problemas actuales de la sociedad y se apoya la necesidad de un desarrollo sostenible.

3.3.3 Contenidos

Los contenidos del currículo de la materia de Física correspondiente al segundo curso de Bachillerato de la modalidad de ciencias se especifican en el Anexo I “Materias del bloque de asignaturas troncales” del Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, y en el Anexo I “Asignaturas Troncales” del Decreto 35/2015, de 15 de mayo (modificado por el Decreto 30/2016, de 20 de mayo). Debido a que esta propuesta de intervención se basa en el uso de relaciones CTS para la enseñanza de la física del siglo XX, los contenidos que principalmente interesarán serán aquellos correspondientes al bloque VI “Física del siglo XX”.

De acuerdo con dicha legislación, en la tabla 2 se muestra la relación de contenidos, criterios de evaluación, estándares de aprendizaje evaluables, indicadores de logro y competencias trabajadas en dicho bloque:

Tabla 2: Relación de contenidos, criterios de evaluación, estándares de aprendizaje y competencias trabajadas a lo largo de la unidad didáctica.

Unidad didáctica: Física Moderna			
CONTENIDOS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE EVALUABLES	COMPETENCIAS
<ul style="list-style-type: none"> • Introducción a la Teoría Especial de la Relatividad. • Energía relativista. Energía total y energía en reposo. 	1. Conocer y explicar los postulados y las aparentes paradojas de la física relativista. 2. Establecer la equivalencia entre masa y energía, y sus consecuencias en la energía nuclear.	1.1. Discute los postulados y las aparentes paradojas de la Teoría Especial de la Relatividad y su evidencia experimental. 2.1. Expresa la relación entre la masa en reposo de un cuerpo y su velocidad con la energía del mismo a partir de la masa relativista.	CL CMCT AA CD CSC
<ul style="list-style-type: none"> • Orígenes de la física cuántica. • Insuficiencia de la física clásica. Problemas precursores. • Aplicaciones de la física cuántica. El láser. 	3. Analizar las fronteras de la física a finales del s. XIX y principios del s. XX y poner de manifiesto la incapacidad de la física clásica para explicar determinados procesos. 4. Presentar la dualidad onda-corpúsculo como una de las grandes paradojas de la física cuántica. 5. Describir las características fundamentales de la radiación láser, los principales tipos de láseres existentes,	3.1. Explica las limitaciones de la física clásica al enfrentarse a determinados hechos físicos, como la radiación del cuerpo negro, el efecto fotoeléctrico o los espectros atómicos. 4.1. Determina las longitudes de onda asociadas a partículas en movimiento a diferentes escalas, extrayendo conclusiones acerca de los efectos cuánticos a escala macroscópica. 5.1. Describe las principales características de la radiación láser comparándola con la radiación térmica. 5.2. Asocia el láser a la	CL CMCT CD

	su funcionamiento básico y sus aplicaciones.	naturaleza cuántica de la materia y de la luz, justificando su funcionamiento de manera sencilla y reconociendo su papel en la sociedad actual.	
<ul style="list-style-type: none"> • Física nuclear. • La radiactividad. • Tipos. • Fusión y fisión nucleares. 	<p>6. Distinguir los distintos tipos de radiaciones y su efecto sobre los seres vivos.</p> <p>7. Valorar las aplicaciones de la energía nuclear en la producción de energía eléctrica, radioterapia, datación en arqueología y la fabricación de armas nucleares.</p> <p>8. Justificar las ventajas, desventajas de la fisión y la fusión nuclear.</p>	<p>6.1. Describe los principales tipos de radiación incidiendo en sus efectos sobre el ser humano, así como sus aplicaciones médicas.</p> <p>7.1. Conoce las aplicaciones de la energía nuclear como la datación en arqueología y la utilización de isótopos en medicina.</p> <p>8.1. Analiza las ventajas e inconvenientes de la fisión y la fusión nuclear justificando la conveniencia de su uso.</p>	<p>CL</p> <p>CMCT</p> <p>AA</p> <p>CD</p> <p>CSC</p>

Fuente: Elaboración propia a partir de Decreto 35/2015, de 15 de mayo (modificado por el Decreto 30/2016, de 20 de mayo).

3.3.4 Metodología

Una vez contextualizada la propuesta de intervención y descritos los objetivos y contenidos propios de la misma, así como las competencias trabajadas, a continuación se describirá la metodología empleada en su puesta en práctica. Dicha metodología se centrarán en desarrollar aspectos propios de la física del siglo XX, especialmente de la física relativista, la física cuántica y la física nuclear, así como sus aplicaciones en la sociedad actual.

De este modo, se diseñarán una serie de actividades con enfoque CTS que contribuyan a mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje de los contenidos propios del bloque “Física del siglo XX”, de manera que el alumno logre los

objetivos planteados de forma significativa a la par que aumente su motivación e interés hacia la física en particular y la ciencia en general. El profesor actuará como guía, fomentando la participación activa de los alumnos mediante el planteamiento de actividades, preguntas y situaciones conceptuales, históricas y de carácter cotidiano, que requerirán la discusión y propuesta de soluciones adecuadas.

El método utilizado será principalmente de carácter expositivo, de modo que se tendrán en cuenta los conocimientos previos de los alumnos, así como sus intereses y se buscará dar una visión global de los temas tratados, dotando de una mayor profundidad los aspectos del temario según la situación lo requiera. Los alumnos trabajarán de manera tanto individual como grupal para resolver las cuestiones o ejercicios propuestos, y se intentará, en la medida de lo posible, facilitar un contexto de carácter cotidiano en el que enmarcar las temáticas planteadas, de modo que la motivación e implicación de los alumnos se vean estimuladas. Con la misma finalidad, la metodología de trabajo se apoyará en el uso de variedad de recursos didácticos en el aula: herramientas TIC, textos científicos, artículos de prensa, medios audiovisuales...

Más allá de la adquisición de los contenidos conceptuales estudiados, las distintas actividades propuestas pretenden que el alumnado reflexione en torno a las implicaciones de la ciencia en la tecnología y en la sociedad actual. Así pues, se van a relacionar las actividades planteadas con los contenidos curriculares propios del curso, pero también con los objetivos didácticos fijados por la propia propuesta. Por último, cabe mencionar que la presente propuesta didáctica se desarrollará en el marco de legislación vigente descrito en anteriores apartados, por tanto, se buscará lograr que el alumno tenga un papel activo y protagonista en su propio proceso de enseñanza-aprendizaje y que logre adquirir de forma satisfactoria las distintas competencias trabajadas a lo largo del mismo.

3.3.5 Cronograma

Antes de proponer el desarrollo de las actividades diseñadas para esta propuesta didáctica de enseñanza de la física del siglo XX bajo enfoque CTS

para la asignatura de Física de 2º de Bachillerato, resulta interesante mostrar una planificación de trabajo que incluye la temporalización de las distintas actividades. Se propone un cronograma que ha de servir como guía para entender la programación de las distintas actividades y el tiempo empleado en la realización de cada una de ellas (tabla 3).

Tabla 3: Propuesta de cronograma para la secuenciación de las distintas actividades planteadas.

	CONCEPTOS	ACTIVIDAD	SESIONES	COMPETENCIAS		
Física Moderna	1. Teoría Especial de la Relatividad (TER).	1.1. Introducción histórica.	1. Introducción a la TER	1 (55')	CL	
		1.2. Postulados de la TER.			CMCT	
		1.3. Consecuencias.	2. La TER en la sociedad	2 (110')	CL	
		1.4. Repercusiones de la TER. Influencia en la sociedad y aplicaciones.			CMCT AA CD	
	2. Física Cuántica (FQ)	2.1. Orígenes de la FQ.	3. Introducción a la FQ	1 (55')	CL CMCT	
		2.2. Dualidad onda-corpúsculo. Efecto fotoeléctrico.	4. El efecto fotoeléctrico	2 (110')	CMCT CD	
		2.3. Espectros de emisión. El láser.	5. Funcionamiento del láser y sus aplicaciones	2(110')	CL	
		2.4. Aplicaciones del láser.			CMCT CD	
		3. Energía Nuclear (EN)	3.1. Radiactividad.	6. La radiactividad en la prensa	1 (55')	CL CMCT CSC
			3.2. Tipos de radioisótopos.	7. Aplicaciones de la EN	3 (165')	CL
	3.3. Fisión y fusión nuclear.		CMCT			
	3.4. Aplicaciones de la EN.		AA CD CSC			

Fuente: Elaboración propia.

3.3.6 Secuenciación y descripción de las actividades

Una vez concretadas las actividades y las sesiones empleadas en la realización de cada una de ellas, en este apartado se describirán de forma precisa, todas ellas relacionadas con la física del siglo XX y orientadas con un enfoque CTS que pretende conectar los objetivos didácticos planteados con el conjunto de contenidos y competencias curriculares descrito anteriormente.

Actividad 1. Introducción a la Teoría de la Relatividad

1. Introducción:

Esta primera actividad de iniciación y motivación se realizará en una sesión y servirá para explorar los conocimientos previos de los alumnos , así como para introducir la temática mediante una contextualización histórica, para acabar enunciando los postulados de la Teoría Especial de la Relatividad.

2. Objetivos de la actividad:

- Conocer las ideas previas de los alumnos en relación con la física relativista.
- Dar a conocer la situación de la física clásica a finales del siglo XIX e inicios del siglo XX.
- Enunciar los postulados de la Teoría Especial de la Relatividad.
- Despertar el interés e incrementar la motivación de los alumnos para generar una actitud positiva frente al aprendizaje de los contenidos a tratar en las siguientes sesiones.

3. Duración:

1 sesión (55')

4. Ejecución de la actividad:

Para explorar las ideas previas de los alumnos, el docente repartirá un cuestionario que recoge una serie de preguntas y cuestiones relacionadas con la Teoría Especial de la Relatividad y que los alumnos deberán contestar en los 5-10 minutos iniciales de la sesión (Anexo I). Dicho cuestionario se repartirá de nuevo una vez finalizada la segunda actividad de la unidad didáctica, de modo que el alumno pueda autoevaluar su aprendizaje de los conocimientos adquiridos en torno a la relatividad.

El tiempo restante de la sesión será empleado por el docente para exponer la situación de insuficiencia a la que había llegado la física clásica a finales del siglo XIX en relación a la relatividad del movimiento y a los fenómenos electromagnéticos. Por último, el docente concluirá la sesión enunciando los postulados de la Teoría Especial de la Relatividad. Naturalmente, a lo largo de su exposición, el docente se detendrá en resolver cualquier duda planteada por

los alumnos y en aclarar o profundizar cualquier aspecto, en caso de que sea necesario.

5. Fichas de sesión de la actividad:

Tabla 4: Ficha de la sesión número 1.

Título Unidad Didáctica		Sesión														
Física Moderna		1														
Contenidos		Competencias trabajadas														
- Insuficiencia de la física clásica. - Postulados de la Teoría Especial de la Relatividad.																
Objetivos		<table border="1"> <tr><td>CL</td><td>x</td></tr> <tr><td>CMCT</td><td>x</td></tr> <tr><td>CD</td><td></td></tr> <tr><td>AA</td><td>x</td></tr> <tr><td>CSC</td><td></td></tr> <tr><td>SIEE</td><td></td></tr> <tr><td>CEC</td><td></td></tr> </table>	CL	x	CMCT	x	CD		AA	x	CSC		SIEE		CEC	
CL	x															
CMCT	x															
CD																
AA	x															
CSC																
SIEE																
CEC																
- Conocer los conocimientos previos de los alumnos en torno a la relatividad. - Exponer la situación de la física clásica a finales del siglo XIX e inicios del siglo XX. - Enunciar los postulados de la Teoría Especial de la Relatividad.																
Espacio y agrupamiento	Recursos															
Aula habitual del grupo-clase. Trabajo individual.	Cuestionario de ideas previas. Pizarra. Proyector.															
		Temporalización														
		Trabajo individual con cuestionario de ideas previas: 5-10' Exposición profesor: resto de la sesión														
Instrumentos de evaluación																
Observaciones del docente. Rúbrica de actitud. Rúbrica de participación.																

Fuente: Elaboración propia.

Actividad 2. La Teoría de la Relatividad en la sociedad

1. Introducción:

Esta segunda actividad de desarrollo e investigación se llevará a cabo en dos sesiones. En la primera de ellas, se estudiarán las consecuencias de los postulados relativistas y en la segunda se debatirá sobre las distintas aplicaciones de la Teoría de la Relatividad en la sociedad.

2. Objetivos de la actividad:

- Conocer las consecuencias de los postulados de la Teoría de la Relatividad.
- Entender la influencia de la Teoría de la Relatividad en diversos ámbitos de la sociedad, así como la utilidad de sus aplicaciones.
- Fomentar el trabajo en equipo entre los estudiantes.

3. Duración:

2 sesiones (110')

4. Ejecución de la actividad:**Primera sesión**

Esta primera sesión será de carácter teórico y servirá para exponer las implicaciones de la Teoría de la Relatividad y así conseguir una base sobre la que poder desarrollar la propia actividad en la siguiente sesión. Los primeros 5 minutos se dedicarán a recordar los postulados relativistas que fueron enunciados en la sesión anterior. A continuación, se explicarán de forma cualitativa las consecuencias que derivan de dichos postulados, como son la dilatación del tiempo, la contracción de longitudes y la equivalencia entre masa y energía de un cuerpo. Una vez finalizada la exposición y resueltas las posibles dudas planteadas por el alumnado, se visualizarán los vídeos “Relatividad Especial (parte 1)” (IAC, 2005a) y “Relatividad Especial (parte 2)” (IAC, 2005b), mediante la plataforma YouTube, con los que se repasará el contenido trabajado en estas dos primeras sesiones (figuras 4).



Figura 4: *Relatividad Especial (parte 1)*. (IACVideos, 2005a).

Extraído de [https://www.youtube.com/watch?](https://www.youtube.com/watch?v=F7XPAPRE_Sw)

[v=F7XPAPRE_Sw](https://www.youtube.com/watch?v=F7XPAPRE_Sw)



Figura 5: *Relatividad Especial (parte 2)*. (IACVideos, 2005b).

Extraído de [https://www.youtube.com/watch?](https://www.youtube.com/watch?v=3_k8ZKdmDx8&t=18s)

[v=3_k8ZKdmDx8&t=18s](https://www.youtube.com/watch?v=3_k8ZKdmDx8&t=18s)

Segunda sesión

En esta segunda sesión, que se impartirá en la sala de informática del centro escolar, se llevará a la práctica la propia actividad. Para comenzar, el docente agrupará de tres en tres a los alumnos, conformando así un total de siete grupos, cada una de las cuales trabajará con un equipo informático con conexión a Internet. A continuación, se repartirá a cada grupo una hoja de actividad (Anexo II) con algunas preguntas a responder de forma breve en unos 20 minutos.

Una vez contestadas las cuestiones planteadas, cada grupo expondrá de forma breve sus respuestas y entregará su hoja de actividad. El profesor profundizará en las exposiciones de los estudiantes, y las corregirá o matizará en caso de necesidad.

Por último, se emplearán los últimos 10 minutos de la sesión en autoevaluar los cuestionarios de ideas previas realizados en la primera actividad. Cada alumno responderá de nuevo a las preguntas planteadas y, con la ayuda del profesor, se debatirán de forma grupal las respuestas correctas a las preguntas del cuestionario.

5. Fichas de sesión de la actividad:

Tabla 5: Ficha de la sesión número 2.

Título Unidad Didáctica		Sesión
Física Moderna		2
Contenidos		Competencias trabajadas
- Postulados de la Teoría Especial de la Relatividad. - Dilatación temporal. Contracción de longitudes. Equivalencia entre masa y energía.		
Objetivos		
- Entender los postulados de la Teoría Especial de la Relatividad. - Conocer las consecuencias de los postulados relativistas.		CL CMCT x CD AA x CSC SIEE CEC
Espacio y agrupamiento	Recursos	Temporalización
Aula habitual del grupo-clase. Trabajo individual.	Pizarra. Ordenador del profesor con conexión a Internet. Proyector.	Repaso anterior sesión: 5' Exposición profesor: 38' Visualización de vídeo: 12'
Instrumentos de evaluación		
Observaciones del docente. Rúbrica de actitud. Rúbrica de participación.		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6: Ficha de la sesión número 3.

Título Unidad Didáctica		Sesión
Física Moderna		3
Contenidos		Competencias trabajadas
- Aplicaciones de la Relatividad. - Influencia de la Relatividad en la cultura		

contemporánea.			
Objetivos			
- Comprender la influencia de la Relatividad en la sociedad. - Autoevaluar los conocimientos adquiridos. - Fomentar competencias de búsqueda y selección de información en la red.		CL	x
		CMCT	x
		CD	x
		AA	x
		CSC	
		SIEE	
		CEC	
Espacio y agrupamiento	Recursos	Temporalización	
Sala de informática. Trabajo grupal: primeros 45' Trabajo individual: últimos 10'	Ordenador con conexión a Internet. Hoja de actividad. Pizarra. Cuestionario de ideas previas.	Conformación de grupos y explicación de la actividad: 5' Resolución hoja de actividad: 20' Exposición respuestas: 15' Autoevaluación cuestionario: 10'	
Instrumentos de evaluación			
Observaciones del docente. Rúbrica de actitud. Rúbrica de participación. Hoja de actividad.			

Fuente: Elaboración propia.

Actividad 3. Introducción a la Física Cuántica

1. Introducción:

Esta actividad de motivación que se desarrollará en una sesión, pretende introducir al alumnado la física cuántica, otro de los principales campos de estudio que conforman la física moderna desarrollada durante el siglo XX. Asimismo, esta actividad servirá para explorar las ideas previas de los alumnos en este campo de la física.

2. Objetivos de la actividad:

- Conocer los conocimientos previos de los estudiantes en torno a la física cuántica.

- Exponer al alumnado la insuficiencia de la física clásica de finales del siglo XIX e inicios del siglo XX para explicar ciertos fenómenos experimentales.
- Introducir el concepto de dualidad onda-partícula

3. Duración:

1 sesión (55')

4. Ejecución de la actividad:

En los primeros 10 minutos de la sesión, el docente explorará las ideas previas de los alumnos en torno a conceptos relacionados con la física cuántica. Para ello, les lanzará una serie de preguntas, algunas de las cuales podrían ser:

- *¿Qué es para ti un átomo?. ¿De qué está compuesto?*
- *¿Qué es para ti la luz?*
- *¿Qué es para ti un electrón?*

Una vez abordadas dichas cuestiones en el aula, se visualizará el vídeo “Mecánica cuántica, experimento de la doble rendija” (García Orduña, 2012), para exponer al alumnado la problemática surgida del famoso experimento de la doble rendija e introducir la hipótesis de la dualidad onda-corpúsculo como solución a la cuestión (figura 6), disponible en la plataforma YouTube.



Figura 6: Mecánica cuántica, experimento de la doble rendija. (García Orduña, 2012). Extraído de <https://www.youtube.com/watch?v=SzX-R38dZQw>

Seguidamente, para el resto de la sesión se propondrá un debate, siempre guiado por el profesor, sobre el contenido del vídeo proyectado. Para ello, el docente planteará una serie de cuestiones, algunas de ellas directamente relacionadas con las tratadas al inicio de la sesión:

- *¿Qué es realmente un electrón? ¿Una partícula o una onda?*
- *¿Qué es realmente la luz? ¿Una onda o una partícula?*
- *¿Cómo afecta al comportamiento del electrón el hecho de que sea observado?*

5. Fichas de sesión de la actividad:

Tabla 7: Ficha de la sesión número 4.

Título Unidad Didáctica		Sesión	
Física Moderna		4	
Contenidos		Competencias trabajadas	
- Insuficiencia de la física clásica. - Experimento de la doble rendija. - Hipótesis de dualidad onda-corpúsculo.			
Objetivos			
- Conocer las ideas previas de los alumnos en torno a la física cuántica. - Exponer la ineficacia de la física newtoniana frente a ciertos fenómenos experimentales a finales del siglo XIX e inicios del siglo XX. - Proponer la hipótesis de dualidad onda-corpúsculo como solución a la problemática.		CL	x
		CMCT	x
		CD	
		AA	x
		CSC	x
		SIEE	
		CEC	
Espacio y agrupamiento	Recursos	Temporalización	
Aula habitual del grupo-clase. Trabajo individual.	Cuestionario de ideas previas. Pizarra. Ordenador del profesor con conexión a Internet. Proyector.	Exploración de ideas previas: 10' Visualización de vídeo: 5' Debate guiado: 40'	
Instrumentos de evaluación			
Observaciones del docente. Rúbrica de actitud. Rúbrica de participación.			

Fuente: Elaboración propia.

Actividad 4. El efecto fotoeléctrico

1. Introducción:

Esta actividad consta de dos partes, cada una de las cuales se implementará en una sesión diferente. En la primera de estas sesiones, se empezará planteando la hipótesis de Planck de forma cualitativa. Partiendo de esta base, se podrá exponer la explicación cuántica del efecto fotoeléctrico, así como analizar el papel de los distintos parámetros a tener en cuenta. La segunda sesión servirá para explorar las distintas aplicaciones tecnológicas de dicho fenómeno físico en la sociedad.

2. Objetivos de la actividad:

- Entender la explicación cuántica del efecto fotoeléctrico.
- Conocer las distintas aplicaciones de efecto fotoeléctrico en la sociedad actual.

3. Duración:

2 sesiones (110')

4. Ejecución de la actividad:

Primera sesión

Esta primera sesión se llevará a cabo en el aula de informática, donde los alumnos serán agrupados por parejas, cada una de las cuales dispondrá de un ordenador con conexión a Internet. Para empezar, el docente se apoyará en la pizarra disponible en la sala para plantear la hipótesis de Planck. A continuación expondrá la problemática del efecto fotoeléctrico y formulará la explicación de carácter cuántico que Einstein dio a este fenómeno. Una vez presentada la fórmula e identificadas las distintas variables que intervienen en ella, cada pareja de alumnos accederá mediante su ordenador al siguiente applet (figura 7):

<https://phet.colorado.edu/es/simulation/legacy/photoelectric>

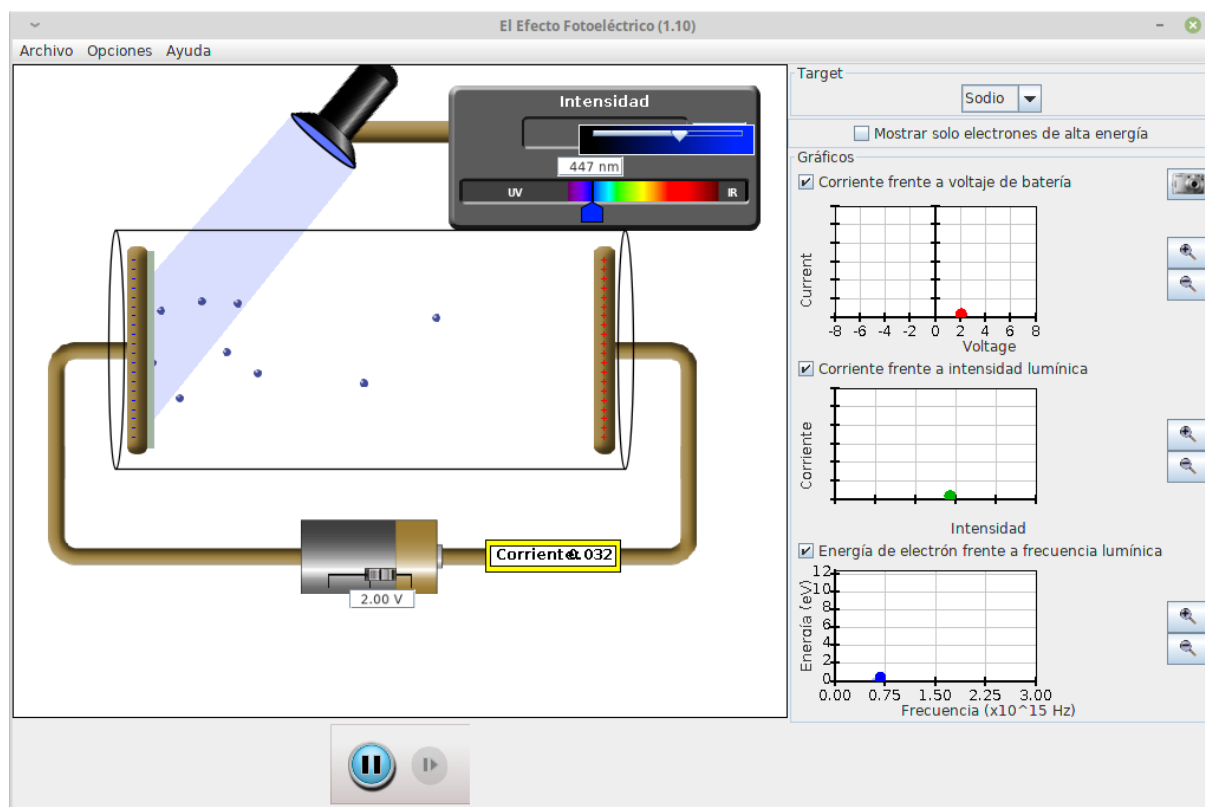


Figura 7: Applet de efecto fotoeléctrico trabajado en el aula. Extraído de <https://phet.colorado.edu/en/simulation/photoelectric>

Trabajando de forma autónoma, cada pareja debe completar la hoja de actividad repartida por el profesor (Anexo III).

Una vez respondidas las cuestiones, se pondrán en común las respuestas con el resto del grupo. Mediante aclaraciones y matices realizados por el profesor, el grupo discutirá de forma conjunta las respuestas y justificaciones correctas a las preguntas planteadas. Al final de la sesión, cada pareja entrega su hoja de actividad.

Segunda sesión

En esta segunda sesión, se profundizará sobre las aplicaciones tecnológicas de uso cotidiano en cuyo funcionamiento entra en juego el efecto fotoeléctrico. En primer lugar, se refrescará lo visto en la sesión anterior y se aclararán posibles

dudas que surjan entre el alumnado. A continuación, el docente planteará la siguiente cuestión:

- *¿Crees que el efecto fotoeléctrico es un fenómeno que se produce de forma habitual a tu alrededor?*

Tras debatir de forma breve la pregunta lanzada, el docente explicará el diseño y funcionamiento de una fotocélula o célula fotoeléctrica, dispositivo que sirve de base para multitud de aplicaciones tecnológicas en la actualidad. De forma complementaria a la exposición del profesor, se visualizará el vídeo “PHOTOELECTRIC CELL” (7activestudio, 2017), disponible en YouTube (figura 8). Se pedirá a los alumnos que intenten traducir, con la ayuda del profesor, las explicaciones incluidas en el vídeo.

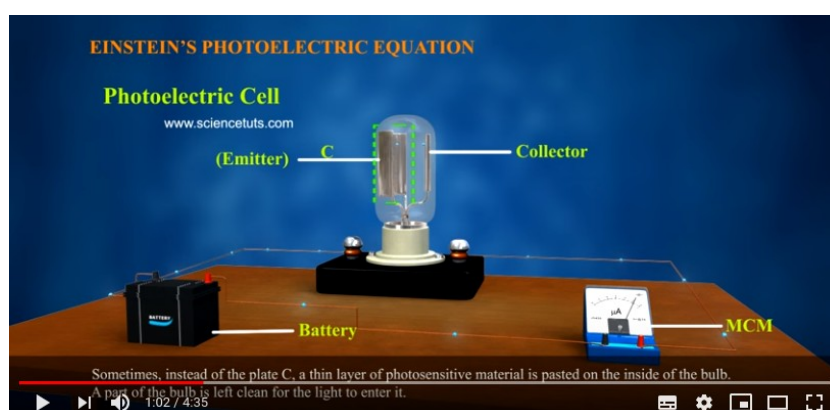


Figura 8: PHOTOELECTRIC CELL. (7activestudio, 2017). Extraído de <https://www.youtube.com/watch?v=sFyUeP939gQ>

Una vez visualizado el video y traducido su contenido, el profesor agrupará los alumnos de tres en tres, conformando así un total de siete grupos. Seguidamente, cada grupo dispondrá de unos 15 minutos para realizar el siguiente ejercicio:

- *Supón que te encuentras en un centro comercial para pasar la tarde con tus amigos. Identifica dispositivos o aparatos presentes en el centro comercial que creas que funcionan en base al efecto fotoeléctrico.*

Al finalizar el ejercicio, cada grupo explicará al resto de la clase qué dispositivos o aparatos ha identificado. Una vez finalizada la puesta en común, el profesor

dará pistas para que los estudiantes señalen aquellos dispositivos que se han pasado por alto, conformando así una lista lo más completa posible.

5. Fichas de sesión de la actividad:

Tabla 8: Ficha de la sesión número 5.

Título Unidad Didáctica		Sesión														
Física Moderna		5														
Contenidos		Competencias trabajadas														
<ul style="list-style-type: none"> - Hipótesis de Planck. - El efecto fotoeléctrico. 																
Objetivos		<table border="1"> <tr><td>CL</td><td>x</td></tr> <tr><td>CMCT</td><td>x</td></tr> <tr><td>CD</td><td>x</td></tr> <tr><td>AA</td><td></td></tr> <tr><td>CSC</td><td>x</td></tr> <tr><td>SIEE</td><td></td></tr> <tr><td>CEC</td><td></td></tr> </table>	CL	x	CMCT	x	CD	x	AA		CSC	x	SIEE		CEC	
CL	x															
CMCT	x															
CD	x															
AA																
CSC	x															
SIEE																
CEC																
<ul style="list-style-type: none"> - Comprender el fracaso de la física clásica en la explicación del efecto fotoeléctrico. - Entender la explicación cuántica del efecto fotoeléctrico y conocer el papel de las distintas variables a tener en cuenta. 																
Espacio y agrupamiento	Recursos															
Sala de informática. Trabajo por parejas.	Pizarra. Ordenador . Applet efecto fotoeléctrico. Hoja de actividad.															
		Temporalización														
		Exposición profesor: 25' Trabajo por parejas con applet y hoja de actividad: 20' Puesta en común: 10'														
Instrumentos de evaluación																
Observaciones del profesor. Rúbrica de actitud. Rúbrica de participación. Hoja de actividad.																

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9: Ficha de la sesión número 6.

Título Unidad Didáctica		Sesión								
Física Moderna		6								
Contenidos		Competencias trabajadas								
- Aplicaciones del efecto fotoeléctrico.										
Objetivos		<table border="1"> <tr><td>CL</td><td>x</td></tr> <tr><td>CMCT</td><td>x</td></tr> <tr><td>CD</td><td></td></tr> <tr><td>AA</td><td></td></tr> </table>	CL	x	CMCT	x	CD		AA	
CL	x									
CMCT	x									
CD										
AA										
<ul style="list-style-type: none"> - Entender el funcionamiento de una fotocélula - Conocer distintas aplicaciones del efecto fotoeléctrico y su influencia en la vida cotidiana. - Fomentar competencias de comunicación y 										

expresión lingüística en inglés.		CSC	x
		SIEE	
		CEC	
Espacio y agrupamiento	Recursos	Temporalización	
Aula habitual del grupo-clase Trabajo individual: primeros 25' Trabajo grupal: últimos 30'	Pizarra. Ordenador del profesor con conexión a Internet. Proyector.	Repaso sesión anterior y debate inicial: 10' Proyección de vídeo y su traducción: 15' Ejercicio en grupo sobre el efecto fotoeléctrico en un centro comercial: 30'	
Instrumentos de evaluación			
Observaciones del profesor. Rúbrica de actitud. Rúbrica de participación.			

Fuente: Elaboración propia.

Actividad 5. Funcionamiento del láser y sus aplicaciones

1. Introducción:

Esta actividad, que se desarrollará en dos sesiones, se centrará en el láser y su amplio abanico de aplicaciones tecnológicas. La primera sesión servirá para explicar qué es y cómo funciona un láser, mientras que en la segunda se profundizará ampliamente en su multitud de aplicaciones.

2. Objetivos de la actividad:

- Entender el funcionamiento básico de un láser.
- Conocer, mediante el estudio de sus aplicaciones tecnológicas, la influencia del láser en la sociedad actual.

3. Duración:

2 sesiones (110')

4. Ejecución de la actividad:

Primera sesión

En primer lugar, es necesario que los alumnos comprendan primero qué son y cómo se producen los espectros de emisión y absorción de los átomos. Aprovechando que los alumnos conocen ya de cursos anteriores el Modelo atómico de Bohr y la espectroscopia como método de análisis de sustancias, se visualizará el vídeo “Espectros de emisión y absorción del hidrógeno” (profes . TV, 2016) (figura 9) disponible en YouTube. Seguidamente, se discutirá el contenido de la proyección y el docente realizará las aclaraciones pertinentes a posibles dudas de los estudiantes.

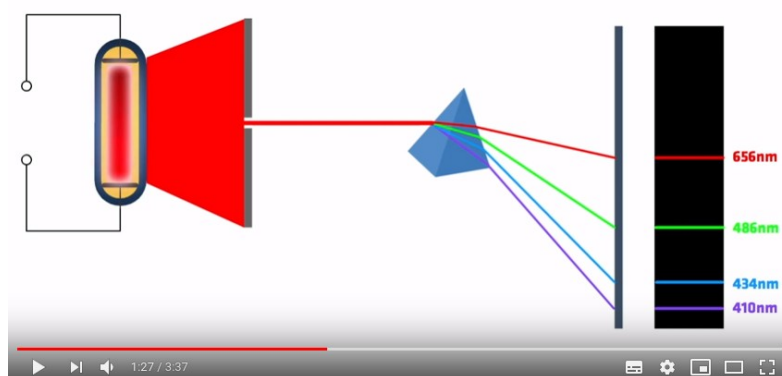


Figura 9: Espectros de emisión y absorción del hidrógeno. (profes . TV, 2016). Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=ojhXypj5qvQ>

Una vez vistos los procesos de emisión y absorción, el docente explicará el fenómeno de la emisión estimulada, proceso cuántico que sirve de base para el funcionamiento del láser. De forma complementaria a las explicaciones del profesor, se propone la visualización del vídeo “laser principle” (Data-Burger, 2012) (figura 10), disponible en la plataforma YouTube:

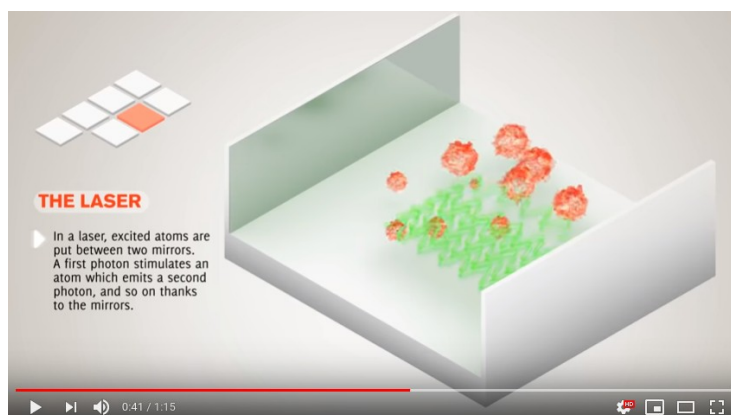


Figura 10: "laser principle". (Data-Burger, 2012). Recuperado de https://www.youtube.com/watch?time_continue=62&v=R_QOWbkc7UI&feature=emb_logo

Como viene siendo habitual, se animará a los alumnos a traducir al castellano las explicaciones incluidas en el vídeo. Una vez finalizada esta tarea, los alumnos serán agrupados de tres en tres, conformando un total de siete grupos distintos. A cada grupo se le repartirá una hoja que incluye un breve texto sobre el láser, que será leído de forma conjunta en el aula, y se propone una actividad a realizar para la próxima sesión (Anexo IV).

·Segunda sesión

En esta sesión, cada grupo realizará una breve exposición oral (unos 5 minutos de duración) de su trabajo de investigación sobre las distintas aplicaciones del láser en la sociedad actual. Una vez finalizada cada exposición, el docente realizará los matices o correcciones necesarias a los comentarios de los alumnos. Cuando todos los grupos hayan expuesto su trabajo, el profesor apuntará, a modo de conclusión de la actividad, aquellas aplicaciones que los estudiantes hayan podido pasar por alto, y que tengan cierta relevancia en la vida cotidiana. Al final de la sesión, el docente recogerá todos los trabajos escritos.

5. Fichas de sesión de la actividad:

Tabla 10: Ficha de la sesión número 7.

Título Unidad Didáctica		Sesión
Física Moderna		7
Contenidos	Competencias	

- Espectros de emisión y absorción de los elementos. - Emisión estimulada. El láser		trabajadas
Objetivos		
- Entender en qué consisten los procesos de emisión y absorción de un átomo. - Comprender el principio de funcionamiento de un láser, el fenómeno de la emisión estimulada.	CL	x
	CMCT	x
	CD	x
	AA	
	CSC	
	SIEE	
	CEC	
Espacio y agrupamiento	Recursos	Temporalización
Aula habitual del grupo-clase. Trabajo individual.	Pizarra. Ordenador del profesor con conexión a Internet. Proyector. Hoja de actividad.	Proyección de vídeo sobre emisión/absorción + dudas: 15' Exposición emisión estimulada + vídeo + traducción: 15' Conformación de grupos + lectura de texto + explicación de la actividad: 20'
Instrumentos de evaluación		
Observaciones del profesor. Rúbrica de actitud. Rúbrica de participación.		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11: Ficha de la sesión número 8.

Título Unidad Didáctica		Sesión														
Física Moderna		8														
Contenidos	Competencias trabajadas															
- El láser y sus aplicaciones.																
Objetivos	<table border="1"> <tr> <td>CL</td> <td>x</td> </tr> <tr> <td>CMCT</td> <td>x</td> </tr> <tr> <td>CD</td> <td>x</td> </tr> <tr> <td>AA</td> <td>x</td> </tr> <tr> <td>CSC</td> <td>x</td> </tr> <tr> <td>SIEE</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CEC</td> <td></td> </tr> </table>		CL	x	CMCT	x	CD	x	AA	x	CSC	x	SIEE		CEC	
CL			x													
CMCT			x													
CD			x													
AA			x													
CSC			x													
SIEE																
CEC																
- Conocer la multitud de aplicaciones del láser en la sociedad actual.																
- Valorar el trabajo realizado por el resto de compañeros.																
Espacio y agrupamiento	Recursos	Temporalización														

Aula habitual del grupo-clase. Trabajo por grupos.	Ordenador del profesor con conexión a Internet. Proyector. Hoja de actividad.	Exposiciones por grupos: 35'-40' Conclusiones profesor: resto de la sesión
Instrumentos de evaluación		
Observaciones del profesor. Rúbrica de actitud. Rúbrica de participación. Trabajo escrito sobre las aplicaciones del láser.		

Fuente: Elaboración propia.

Actividad 6. La radiactividad en la prensa

1. Introducción:

Esta actividad, que se desarrollará en una sesión, tiene la intención de motivar al alumnado en torno a la temática de la energía nuclear y la radiactividad en nuestra sociedad. Asimismo, uno de sus objetivos es conocer los conocimientos previos de los alumnos en el ámbito nuclear, así como detectar posibles concepciones erróneas.

2. Objetivos de la actividad:

- Motivar al alumnado en su aprendizaje sobre energía nuclear y radiactividad.
- Explorar las ideas previas de los alumnos en relación a la física nuclear.

3. Duración:

1 sesión (55')

4. Ejecución de la actividad:

Con el objetivo de introducir la temática nuclear en el aula, la actividad se iniciará con la lectura de dos artículos de prensa relacionados con el tema (Anexo V). El primero de ellos fue publicado por La Vanguardia el 18 de marzo de 2011, justo una semana después de que se produjera un accidente en la central nuclear Fukushima Dai-ichi de Japón. Mientras que el segundo artículo seleccionado, que fue publicado por El País el 23 de mayo de 2008 con motivo

del II Foro Europeo de la Energía Atómica, alude a la energía nuclear como recurso para combatir el cambio climático.

Una vez leídos ambos artículos, el profesor explorará mediante preguntas los conocimientos de los alumnos en torno al debate nuclear existente en la actualidad, el accidente nuclear de Fukushima, el cambio climático, el efecto invernadero y las emisiones de CO₂, etc. De igual modo, la lectura realizada dará pie al docente a averiguar los conocimientos previos de los alumnos en relación con los contenidos de carácter más académico propios de la temática nuclear. Para ello, les formulará preguntas del tipo:

- *¿Qué significa que una sustancia sea radiactiva?*
- *¿Qué fuentes radiactivas conoces?*
- *¿Conoces alguna aplicación de la radiactividad?*
- *¿Qué significa que un núcleo sea estable o inestable?*

A partir de estas preguntas, se generará un pequeño debate en el aula, siempre guiado por el profesor, quien matizará o corregirá las intervenciones de los alumnos siempre que sea necesario. Además, las preguntas lanzadas por el docente servirán para refrescar conceptos básicos de física nuclear estudiados por los alumnos en otros cursos de su formación académica, como pueden ser: sustancia, átomo, protón, neutrón, electrón, modelos atómicos, etc.

5. Fichas de sesión de la actividad:

Tabla 12: Ficha de la sesión número 9.

Título Unidad Didáctica		Sesión
Física Moderna		9
Contenidos	Competencias trabajadas	
- Radiactividad.		
Objetivos		
- Conocer las ideas previas de los alumnos en torno a la radiactividad. - Motivar al alumnado en su aprendizaje de la energía nuclear y sus aplicaciones.	CL	x
	CMCT	x
	CD	
	AA	
	CSC	x
	SIEE	
	CEC	
Espacio y agrupamiento	Recursos	Temporalización

Aula habitual del grupo-clase. Trabajo individual.	Artículos de prensa. Pizarra.	Lectura de artículos de prensa: 15' Preguntas del docente + debate guiado: 40'
Instrumentos de evaluación		
Observaciones del docente. Rúbrica de actitud. Rúbrica de participación.		

Fuente: Elaboración propia.

Actividad 7. Aplicaciones de la energía nuclear

1. Introducción:

Esta actividad, que se llevará a cabo en 3 sesiones, pretende que los alumnos entiendan como se producen las desintegraciones radiactivas y sepan identificar los distintos tipos de radiación nuclear existentes así como su clasificación. Por último, se pretende que los estudiantes conozcan las principales aplicaciones de la energía nuclear en la sociedad y que sean capaces de valorar las ventajas e inconvenientes de su uso.

2. Objetivos de la actividad:

- Comprender la ley de decaimiento radiactivo e identificar todas las variables a tener en cuenta.
- Conocer las principales aplicaciones de la radiactividad en la sociedad actual.

3. Duración:

3 sesiones (165')

4. Ejecución de la actividad:

Primera sesión:

Enlazando con lo visto en la sesión anterior, el docente realizará, siempre atendiendo a las dudas e inquietudes de los alumnos, una sesión magistral de

carácter expositivo para abordar los contenidos curriculares propios de la física nuclear. Para ello, presentará los diferentes tipos de radiación, sus características y su efecto sobre los seres vivos. A su vez, se analizará la tabla periódica para ubicar los núcleos o elementos estables y los inestables (emisores alfa, beta y gamma). Para esta primera parte de la sesión, el docente puede apoyarse en la proyección del vídeo "Stable and unstable nuclei | Radioactivity | Physics | FuseSchool" (FuseSchool - Global Education, 2018) (figura 11), ayudando siempre a los alumnos en la traducción de su contenido.

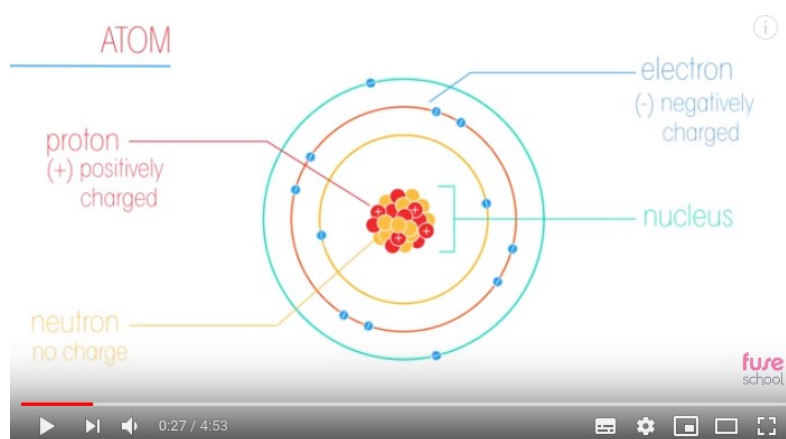


Figura 11: "Stable and unstable nuclei |Radioactivity | Physics | FuseSchool". (FuseSchool - Global Education, 2018). Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=UtZw9jflxXM>

A continuación, se enunciará la ley de decaimiento radiactivo, introduciendo las distintas variables a tener en cuenta y valorando el papel de cada una de ellas. Con la intención de que los alumnos se familiaricen con el contenido, se presentarán algunos ejemplos de aplicación de dicha ley, que serán resueltos de forma conjunta por los estudiantes, quienes serán guiados y asistidos por el profesor durante la tarea.

-Segunda sesión:

Los primeros minutos de esta sesión servirán para hacer un breve repaso de los visto en la sesión anterior: el docente refrescará el contenido en cuestión y resolverá las dudas planteadas por los estudiantes. Asimismo, se recordará la equivalencia masa-energía consecuencia de la Teoría de la Relatividad Especial, ya vista en esta unidad didáctica. La revisión de todos estos conceptos permitirá

al docente explicará la reacción de fisión nuclear en cadena, analizando la secuenciación de procesos que en ella tienen lugar. A continuación, en contraposición a la fisión, se presentará el fenómeno de la fusión nuclear. Con la intención de testear el conocimiento de los alumnos en relación con las distintas aplicaciones de estos procesos, el profesor lanzará una serie de preguntas:

- *¿Sabrías decir cuáles son las ventajas e inconvenientes de la fisión y fusión nuclear?*
- *En una central nuclear, ¿tienen lugar reacciones nucleares de fisión o de fusión?*
- *¿Qué tipo de reacciones nucleares se producen en el interior del Sol?*

Una vez debatidas estas cuestiones, se visualizará el vídeo "Ciencia express: fisión y fusión nuclear" (Crespo, 2015) disponible en la plataforma YouTube (figura 12).



Figura 12: "Ciencia express: fisión y fusión nuclear". (Crespo, 2015). Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=WtY5AUPKINO>

Para acabar la sesión, el docente formará cinco grupos de alumnos, cuatro de ellos integrados por cuatro estudiantes, mientras que uno de los grupos contará con cinco. A continuación, propondrá que cada grupo elija uno de los temas propuestos (Anexo VI) y realice un trabajo de búsqueda de información para elaborar posteriormente una breve presentación de Power Point (unos 7 minutos de duración). Con el fin de que los alumnos ejerciten sus capacidades de obtención y selección de información, se les recomendará que hagan uso de distintas webs y que, en la medida de lo posible, se informen sobre la procedencia e intención de cada publicación visitada. En la siguiente sesión, cada grupo expondrá ante el resto de compañeros el trabajo realizado.

-Tercera sesión:

En esta sesión, cada grupo presentará el trabajo de investigación elaborado. Al concluir todas las exposiciones, el docente explicará de forma breve aquellas aplicaciones de la energía nuclear que no hayan sido trabajadas por ninguno de los grupos, presentando las principales ventajas e inconvenientes de cada una de ellas. A modo de conclusión, una vez vista la variedad de aplicaciones de la energía nuclear, el docente animará a los alumnos a dar su opinión sobre el uso de dicha energía, valorando de forma crítica las ventajas e inconvenientes a tener en cuenta. De este modo, se entablará un pequeño debate en el aula, donde el docente tomará el papel de guía y orientador y fomentará que las intervenciones de los estudiantes estén siempre bien fundamentadas y argumentadas.

5. Fichas de sesión de la actividad:

Tabla 13: Ficha de la sesión número 10.

Título Unidad Didáctica		Sesión														
Física Moderna		10														
Contenidos		Competencias trabajadas														
<ul style="list-style-type: none"> - Tipos de radiación. - Efectos de la radiación en los seres vivos. - Ley de decaimiento radiactivo. 																
Objetivos																
<ul style="list-style-type: none"> - Saber identificar los distintos tipos de radiación y sus efectos en los seres vivos. - Aplicar de forma correcta la ley de decaimiento radiactivo, entendiendo el papel de cada una de las variables a tener en cuenta. 		<table border="1"> <tr><td>CL</td><td></td></tr> <tr><td>CMCT</td><td>x</td></tr> <tr><td>CD</td><td>x</td></tr> <tr><td>AA</td><td>x</td></tr> <tr><td>CSC</td><td></td></tr> <tr><td>SIEE</td><td></td></tr> <tr><td>CEC</td><td></td></tr> </table>	CL		CMCT	x	CD	x	AA	x	CSC		SIEE		CEC	
CL																
CMCT	x															
CD	x															
AA	x															
CSC																
SIEE																
CEC																
Espacio y agrupamiento	Recursos	Temporalización														
Aula habitual del grupo-clase. Trabajo individual.	Ordenador del profesor con conexión a Internet. Proyector. Pizarra.	Exposición del docente sobre los tipos de radiación y sus efectos: 20' Proyección de vídeo: 5' Exposición del docente														

		sobre la ley de decaimiento radiactivo: 20' Resolución de ejemplos: 10'
Instrumentos de evaluación		
Observaciones del docente. Rúbrica de actitud. Rúbrica de participación.		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14: Ficha de la sesión número 11.

Título Unidad Didáctica		Sesión														
Física Moderna		11														
Contenidos	Competencias trabajadas															
- Reacciones nucleares de fisión y fusión.																
Objetivos	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>CL</td><td></td></tr> <tr><td>CMCT</td><td style="text-align: center;">x</td></tr> <tr><td>CD</td><td style="text-align: center;">x</td></tr> <tr><td>AA</td><td></td></tr> <tr><td>CSC</td><td></td></tr> <tr><td>SIEE</td><td></td></tr> <tr><td>CEC</td><td></td></tr> </table>		CL		CMCT	x	CD	x	AA		CSC		SIEE		CEC	
CL																
CMCT			x													
CD			x													
AA																
CSC																
SIEE																
CEC																
- Saber diferenciar entre los procesos de fisión y fusión nucleares. - Entender el concepto de reacción nuclear en cadena y energía liberada.																
Espacio y agrupamiento	Recursos	Temporalización														
Aula habitual del grupo-clase. Trabajo individual.	Ordenador del profesor con conexión a Internet. Proyector. Pizarra.	Repaso sesión anterior: 5' Exposición del docente sobre las reacciones de fisión y fusión: 35' Proyección de vídeo: 5' Conformación de grupos y explicación de la actividad: 10'														
Instrumentos de evaluación																
Observaciones del docente. Rúbrica de actitud. Rúbrica de participación.																

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15: Ficha de la sesión número 12.

Título Unidad Didáctica		Sesión														
Física Moderna		12														
Contenidos		Competencias trabajadas														
- Aplicaciones de la energía nuclear.																
Objetivos		<table border="1"> <tr><td>CL</td><td>x</td></tr> <tr><td>CMCT</td><td>x</td></tr> <tr><td>CD</td><td>x</td></tr> <tr><td>AA</td><td>x</td></tr> <tr><td>CSC</td><td>x</td></tr> <tr><td>SIEE</td><td></td></tr> <tr><td>CEC</td><td></td></tr> </table>	CL	x	CMCT	x	CD	x	AA	x	CSC	x	SIEE		CEC	
CL	x															
CMCT	x															
CD	x															
AA	x															
CSC	x															
SIEE																
CEC																
- Conocer las aplicaciones de la energía nuclear en la sociedad, así como sus ventajas e inconvenientes.																
- Argumentar de forma crítica la opinión personal sobre el uso de la energía nuclear en la sociedad.																
Espacio y agrupamiento	Recursos	Temporalización														
Aula habitual del grupo-clase. Trabajo grupal de presentación. Trabajo individual en el debate.	Ordenador del profesor con conexión a Internet. Proyector.	Presentaciones grupales: 35' Debate guiado: 20'														
Instrumentos de evaluación																
Observaciones del docente. Rúbrica de actitud. Rúbrica de participación. Trabajo de Power Point sobre las aplicaciones de la energía nuclear.																

Fuente: Elaboración propia.

3.3.7 Recursos

En la tabla 16 se presentan recursos necesarios para poner en práctica la presente propuesta de intervención. Se ha distinguido entre recursos personales, recursos TIC, recursos espaciales y recursos materiales e instrumentales.

Tabla 16: Recursos necesarios para llevar a cabo la propuesta de intervención.

Recursos personales	<ul style="list-style-type: none"> • Profesor de la asignatura • Alumnos de 2º de Bachillerato
Recursos TIC	<ul style="list-style-type: none"> • Ordenador del profesor con conexión a Internet • Proyector

	<ul style="list-style-type: none"> • Ordenadores de la sala de informática • Applet del efecto fotoeléctrico
Recursos espaciales	<ul style="list-style-type: none"> • Aula habitual del grupo-clase (sesiones 1,2,4 y 6-12) • Sala de informática (sesiones 3 y 5)
Recursos materiales e instrumentales	<ul style="list-style-type: none"> • Pizarra • Cuestionarios de ideas previas • Hojas de actividades • Artículos de prensa

Fuente: Elaboración propia.

3.3.8 Evaluación y calificación

Para evaluar el proceso de enseñanza-aprendizaje de los alumnos, el docente realizará una evaluación que tendrá en cuenta aspectos como la adquisición de conocimiento de los estudiantes, su actitud y participación en clase o la calidad de sus trabajos tanto escritos como orales.

Para llevar a cabo esta tarea, el profesor hará uso una serie de instrumentos de evaluación durante la presente propuesta de intervención, como son sus propias observaciones, una rúbrica de actitud (Anexo VII) y una de participación (Anexo VIII) o los distintos trabajos y hojas de actividad elaborados en la puesta en práctica de las actividades. Además, al finalizar la unidad didáctica, los alumnos realizarán una prueba escrita con preguntas de tipo abierto para evaluar los conocimientos adquiridos a lo largo de la misma (Anexo IX).

En cuanto a la calificación, los porcentajes correspondientes a cada aspecto evaluado será el siguiente:

- Prueba escrita: 40%
- Actitud: 15%
- Participación e intervención: 15%

- Trabajos y hojas de actividades: 30%

Se pretende que la evaluación sea continua y formativa, de modo que se atienda a la pluralidad del alumnado, adaptándose a las necesidades e intereses del mismo. Con este propósito, es importante que el docente proporcione un feedback positivo y en un espacio de tiempo relativamente breve a los estudiantes tras la puesta en práctica de las distintas técnicas de evaluación.

3.4 Evaluación de la propuesta

La presente propuesta de intervención se ha diseñado con la intención de ser desarrollada a lo largo de unas 12 sesiones, en las que se trabajarán los contenidos relacionados con la física del siglo XX, concretamente pueden identificarse tres temáticas principales: la Teoría Especial de la Relatividad, la física cuántica y la energía nuclear. Se han elaborado una serie de actividades que relacionan los contenidos académicos propios de esta rama de la física, con la vida cotidiana de los estudiantes y las aplicaciones tecnológicas presentes en la sociedad. Con ello, se pretende que el alumnado tome conciencia de las profundas relaciones existentes entre la ciencia, la tecnología y la sociedad, proyectando así una imagen de la ciencia mucho más cercana al mundo real en el que vivimos.

La secuenciación didáctica parte de los orígenes de la física relativista y de cómo su desarrollo afectó al mundo contemporáneo tanto en el plano tecnológico como social; para después adentrarse en la teoría cuántica, valorando la multitud de aplicaciones tecnológicas que de ella surgieron; y, finalmente, se pone el foco en la radiactividad y en los fenómenos nucleares, poniendo de relevancia su impacto social y tecnológico en la actualidad.

Una vez realizadas las actividades, es interesante que tanto docente como alumnado evalúen tanto la puesta en práctica de la propuesta, como su propio desempeño en la realización de la misma. Con este fin, se repartirá a los estudiantes un cuestionario de satisfacción a cumplimentar (Anexo X), y,

docente, por su lado, valorará su labor mediante una escala de valoración (Anexo XI).

4 Conclusiones

Como ya se ha mencionado varias veces a lo largo de la presenta propuesta de intervención, ésta responde a la necesidad de actuar frente a la situación actual de desmotivación, falta de interés y bajo rendimiento académico del alumnado en la rama de las ciencias, así como la desconexión existente entre la propia ciencia y la sociedad actual. Por ello, se plantea sustituir las metodologías de enseñanza más tradicionales por prácticas más activas con enfoque CTS, apoyadas en el uso de recursos TIC y en el aprendizaje colaborativo, con el objetivo general de aumentar la motivación y el interés de los estudiantes en el estudio de la ciencia en general y de la física en particular. En base a ello, se concluye que:

- La revisión bibliográfica realizada en el marco teórico muestra una gran cantidad de beneficios a la hora de aplicar enfoques CTS a los procesos de enseñanza-aprendizaje del alumnado: aumento de motivación, como son el aumento de motivación, la mejora del rendimiento académico o el interés el trabajo científico.
- Como bien se comenta en la introducción, el enfoque CTS toma especial interés si uno se centra en el desarrollo científico del siglo pasado, ya que fue un período de consolidación para la ciencia en que se produjeron multitud de avances científico-tecnológicos que se convirtieron en el verdadero motor de evolución social.
- Contenidos propios de la física moderna pueden ser tratados bajo enfoque CTS, ya que un gran número de aplicaciones tecnológicas derivadas de los avances científicos producidos en física en el siglo XX está presente en la vida cotidiana de los estudiantes.

En referencia a los objetivos específicos de la propuesta, se puede comentar que:

- Se han identificado la falta de motivación intrínseca de los estudiantes, las concepciones erróneas procedentes de medios de comunicación y/o profesorado y la postura adoptada por las reformas educativas más recientes frente a la ciencia como posibles causas de la situación actual de desinterés y desconexión entre ciencia y alumnado.
- Mediante el análisis de casos prácticos de enfoque CTS para la enseñanza de las ciencias, se han explorado distintas formas de aumentar la motivación y despertar el interés del alumnado frente al estudio de la ciencia.
- Las actividades diseñadas buscan, mediante una visión contextualizada de la física moderna que ponga de relieve su impacto en el ámbito social y en la producción tecnológica, que el alumnado se sienta interesado por el contenido académico propio de la asignatura y por el trabajo científico en general.
- En la puesta en práctica de las actividades, se fomenta el uso autónomo y responsable de recursos TIC por parte de los estudiantes y se potencian sus capacidades de obtención y selección de información por medio de dispositivos digitales.
- Por medio del estudio bajo enfoque CTS de la relatividad, la teoría cuántica y los fenómenos nucleares, se pretende que los alumnos comprendan la influencia e impacto de la física moderna en el desarrollo humano contemporáneo.

5 Limitaciones y prospectiva

A la hora de valorar las limitaciones de la propuesta de intervención descrita en el presente trabajo, hay que tener en mente, en primer lugar, que la propia propuesta no ha sido llevada a cabo. Este hecho limita todo el diseño de actividades y tareas descrito a una propuesta puramente teórica, dejando inevitablemente sin resolver posibles dudas acerca de la viabilidad de proyecto en cuestión. Es decir, no existe información que permita valorar la secuenciación de actividades propuestas, el logro de objetivos o la adquisición de contenidos y competencias. Además, ante la imposibilidad de poner en práctica las distintas técnicas e instrumentos de evaluación se carece de datos a

la hora de medir el rendimiento académico de los alumnos, sus niveles de desempeño o su motivación e interés por las temáticas trabajadas.

En cuanto al planteamiento de la propuesta en sí, se ha debido de acotar el alcance de la misma a unos pocos contenidos de la asignatura de Física de segundo curso de Bachillerato, en concreto los relacionados con la física del siglo XX. Si bien, como se ha comentado a lo largo de este trabajo, la elección de un enfoque CTS para tratar esta temática está más que justificada, debe tenerse presente en todo momento que, una vez finalizado el curso escolar, gran parte de los alumnos tendrán intención de presentarse a las pruebas de Evaluación del Bachillerato para el Acceso a la Universidad (EBAU). Es por ello que, en vistas a la realización de dicha prueba, el desarrollo de una materia propia de segundo curso de Bachillerato tiende a menudo a tener un carácter propedéutico, dejando en segundo plano estrategias de innovación y mejora educativa, como puede ser el uso de un enfoque CTS como el descrito en la propuesta de intervención del presente trabajo.

Seguidamente, se procede a analizar las perspectivas o posibles vías de investigación futuras, vinculadas en mayor o menor medida con el presente trabajo:

- El diseño de actividades relacionadas con la física moderna bajo enfoque CTS como herramienta motivadora para el aprendizaje científico puede extrapolarse a otros cursos, más allá del caso concreto de segundo de bachillerato planteado en este trabajo. Si bien la mayoría de contenidos propios del bloque 'Física del siglo XX' son tratados en profundidad exclusivamente en la asignatura de Física de 2º de Bachillerato, algunos de ellos son estudiados en otros cursos. Si bien la parte referente a la Teoría de la Relatividad no es tratada en ninguna otra asignatura de ningún otro curso, algunos aspectos propios de la física cuántica sí se incluyen en los contenidos de otros cursos. En Química de 2º de Bachillerato, por ejemplo, la mecánica cuántica y sus hipótesis son presentadas en el bloque 'Origen y evolución de los componentes del Universo', donde, al igual que en la asignatura de 'Física y Química' 2º, 3º

y 4º curso de la ESO, se trabajan los distintos modelos atómicos. No obstante, cabe decir que, en el caso de la ESO, aunque se estudie el Modelo de Bohr derivado de la teoría cuántica, no se estudia en absoluto dicha teoría (la palabra 'cuántico/a' ni siquiera aparece en la legislación de dicha etapa).

- Otra vía de investigación a tener en cuenta, consistiría en una propuesta de intervención también basada en el uso de un enfoque CTS pero centrada en otra temática científica, ya sea propia de la física moderna o no. Así, las actividades propuestas en el presente trabajo, se pueden extrapolar a otros campos de desarrollo científico y tecnológico, como por ejemplo, estudiar el impacto de la teoría del electromagnetismo desarrollada en el siglo XIX en el desarrollo tecnológico de la sociedad en lo que se conoce como la Segunda Revolución Industrial.

6 Referencias bibliográficas

- Acevedo, J.A. (1996). La tecnología en las relaciones CTS. Una aproximación al tema. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(1), 35-44.
- Acevedo, J.A. (1997). Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS): un enfoque innovador para la enseñanza de las ciencias. *Revista de Educación de la Universidad de Granada*, 10, 269-275. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/260612723_Ciencia_Tecnologia_y_Sociedad_CTS_Un_enfoque_innovador_para_la_ensenanza_de_las_ciencias
- Acevedo, J.A., Vázquez, A. y Manassero, M.A. (2003). Papel de la educación CTS en una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(2), pp. 80-111. Recuperado de http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen2/REEC_2_2_1.pdf
- Aikenhead, G.S. (2003). Educación Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS): una buena idea como quiera que se le llame. *Educación Química*, 16 (2), 114 - 124. En Traducción del capítulo 5 'STS education: A rose by any other name'. En R. Cross (Ed.) *A vision for science education. Responding to the work of Peter Cross*. Oxon: RoutledgeFalmer.
- Alonso, B. et al. (2010). *El láser. La luz de nuestro tiempo*. Gloabia Anthema: Salamanca. Recuperado de https://laser.usal.es/alf/wp-content/uploads/2012/11/El_laser.pdf
- Badia Garganté, A., Cano Ortiz, M., & Fernández Verdú, C. (2013). *Dificultades de aprendizaje de los contenidos curriculares*. Barcelona: Editorial UOC.
- Bolancé, J., Cuadrado, F., Ruiz, J.R. y Sánchez, F. (2013). La autoevaluación de la práctica docente como herramienta para la mejora del proceso de enseñanza y aprendizaje del alumnado. *Avances en Supervisión Educativa*, 18, 1-16.

- Caamaño, A. (1995). La educación Ciencia-Tecnología-Sociedad: Una necesidad en el diseño del nuevo currículum de ciencias. *Revista Alambique*, 3, 4-6.
- Caamaño, A. (2011a). Enseñar química mediante la contextualización, la indagación y la modelización. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 69, 21-34.
- Caamaño, A. (Coord.). (2011b). *Física y química: complementos de formación disciplinar*. España: Ministerio de Educación de España-Editorial GRAÓ, de IRIF, S.L.
- *Ciencia express: fisión y fusión nuclear*. Crespo, J. L. (Director). (2015). [Vídeo/DVD] Youtube. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=WvY5AUPKINO>
- Decreto 35/2015, de 15 de mayo, por el cual se establece el currículum de bachillerato en las Islas Baleares.
- Decreto 30/2016, de 20 de mayo, por el que se modifica el Decreto 35/2015, de 15 de mayo, por el cual se establece el currículum de bachillerato en las Islas Baleares
- De Manuel, E. (2004). Química cotidiana y currículum de química. *Anales de la Real Sociedad Española de Química*, 25-33.
- EFE. (23 de mayo de 2008). La Comisión Europea defiende la energía nuclear para reducir las emisiones de CO₂. *El País*. Recuperado de https://elpais.com/sociedad/2008/05/23/actualidad/1211493606_850215.html
- *Espectros de emisión y absorción del hidrógeno*. profes . TV (Director). (2016). [Vídeo/DVD] Youtube. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=ojhXypj5qvQ>
- García-Carmona, A., Criado, A.M. (2010). La competencia social y ciudadana desde la educación científica: una experiencia en torno a la energía nuclear. *Investigación en la Escuela*, 71, 25-38.
- Jiménez, Ma.R., Sánchez, Ma.A., de Manuel, E. (2003). Química cotidiana: ¿amenizar, sorprender, introducir o educar? En G. Pinto Cañón (Ed.). *Didáctica de la Química y Vida Cotidiana*.

- *Laser principle*. Data-Burger (Director). (2012). [Vídeo/DVD] YouTube. Recuperado de https://www.youtube.com/watch?time_continue=62&v=R_QOWbkc7UI&feature=emb_logo
- *Mecánica cuántica, experimento de la doble rendija*. García Orduña, A. O. (Director). (2012). [Vídeo/DVD] YouTube. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=SzX-R38dZQw>
- MECD (2016a). *PISA 2015: Programa para la Educación Internacional de los Alumnos*. Informe Español. Madrid: Ministerio de Educación.
- Membiela, P. (1997). Una revisión del movimiento educativo ciencia-tecnología-sociedad. *Enseñanza de las ciencias*, 15 (1), 51 - 57.
- Méndez, D. (2015). Estudio de las motivaciones de los estudiantes de secundaria de física y química y la influencia de las metodologías de enseñanza en su interés. *Educación XXI*, 18(2), pp. 215-235. Recuperado de <https://bv.unir.net:2257/docview/1693714473/fulltextPDF/2EB92FFEF8C24653PO/1?accountid=142712>
- Menenses Villagrà, J.A., Fontana Gebara, M.J. (2018). Estrategias didàcticas para la ensefianza de la Físca. Recuperado de <https://nubereader-pdf.odilotk.es/#/e201b599924246fea1b49f869bff5fba/f544b8e2dd1ec00d6eb23ba7e588faf2b67664d0e86dd3225972174dea5f574f>
- NATIONAL SCIENCE TEACHERS ASSOCIATION (1982). *Science-Technology-Society: Science Education for the 1980s*. NSTA, Washington, D.C.
- Pérez, H. y Solbes, J. (2006). Una propuesta sobre ensefianza de la Relatividad en el Bachillerato como motivación para el aprendizaje de la física. *Ensefianza de las Ciencias*, 24(2), pp. 269-284. Recuperado de <https://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/view/75831>
- *PHOTOELECTRIC CELL*. 7Activestudios (Director). (2017). [Vídeo/DVD] Youtube. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=sFyUeP939gQ>

- Pozo, J.I. y Gómez, M.A. (2009). *Aprender y enseñar ciencia* (6ª de.). Madrid: Ediciones Morata.
- Rabadán Vergara, J. M. (2012). La enseñanza y aprendizaje de las ciencias mediante la indagación como factor determinante en la mejora de la calidad de los aprendizajes de los alumnos. *Estilos de aprendizaje: Investigaciones y experiencias: [V congreso mundial de estilos de aprendizaje], Santander, 27, 28 y 29 de junio de 2012* (1st ed.) [Santander: Universidad de Cantabria], D.L. 2012. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4644665.pdf>
- Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y el Bachillerato.
- *Relatividad Especial (parte 1)*. IACVideos, Instituto de Astrofísica de Canarias (Director). (2005a). [Vídeo/DVD] Youtube. Recuperado de https://www.youtube.com/watch?v=F7XPAPRE_Sw&t=2s
- *Relatividad Especial (parte 2)*. IACVideos, Instituto de Astrofísica de Canarias (Director). (2005b). [Vídeo/DVD] Youtube. Recuperado de https://www.youtube.com/watch?v=3_k8ZKdmDx8&t=21s
- Robinson, A. (18 de marzo de 2011). Sustancias diabólicas. *La Vanguardia*, pp. 4-5.
- Shamos, M.H. (1993). STS: A Time for Caution. En R.E. Yager (Ed): *The Science, Technology, Society Movement*. Washington DC: NSTA.
- Solbes, J., Montserrat, R., Furió, C. (2007). El desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 21, 91-117.
- Solbes, J., Sinarcas, V. (2010). Una propuesta para la enseñanza aprendizaje de la física cuántica basada en la investigación en didáctica de las ciencias. *Enseñanza de la Física*, 23 (1 y 2), 57-84.
- Solbes, J., Vilches, A. (2004). Papel de las relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente en la formación ciudadana. *Enseñanza de las ciencias*, 22 (3), 377-348.
- Watson, P. (2000). *Historia intelectual del siglo XX*. Recuperado de

<http://www.iutep.tec.ve/uftp/images/Descargas/materialwr/libros/WatsonPeter-HistoriaIntelectualDelSigloXX.pdf>

7 Anexos

7.1 Anexo 1

ANEXO I

Test de ideas previas sobre la Teoría de la Relatividad

Cuestionario de ideas previas sobre la Teoría de la Relatividad**Nombre:** _____

Contesta a las siguientes preguntas:

1. ¿Has oído hablar de la teoría de la relatividad? En caso afirmativo describe brevemente qué explica esta teoría y comenta algunas de sus influencias y aplicaciones en la sociedad.
2. Cuando sobre un cuerpo actúa una fuerza, éste se acelera, incrementando su velocidad en función del tiempo. ¿Crees que acelerando un cuerpo se puede incrementar su velocidad hasta superar la velocidad de la luz?
 - a) Sí, siempre y cuando la fuerza sea suficientemente grande.
 - b) Sí, siempre y cuando la masa del cuerpo sea suficientemente pequeña.
 - c) No, ya que ningún cuerpo puede superar la velocidad de la luz, independientemente del valor de su masa o de la fuerza que actúe sobre él.
3. Supongamos la siguiente situación: vas en un tren que se mueve a velocidad constante y que no tiene ventanas. ¿Existe algún experimento mediante el cual pueda saberse si el tren está en movimiento o está parado?
4. ¿Qué crees que significa la ecuación $E=mc^2$?
 - a) Que es la energía de una partícula de masa m que se mueve a la velocidad de la luz.
 - b) Que es la energía de una partícula de masa m en reposo.
 - c) Que la masa puede convertirse en energía.
 - d) Que es la energía máxima que puede tener una partícula de masa m .

7.2 Anexo 2

ANEXO II

Aplicaciones e implicaciones de la Teoría de la Relatividad

Con la ayuda de Internet, responde a las siguientes cuestiones:

1. Nombra una aplicación práctica o una consecuencia tecnológica de la Teoría de la Relatividad de Einstein y explica de forma breve su relación con esta teoría.
2. Señala algunas de las influencias de la Relatividad en el pensamiento contemporáneo (arte, cine, literatura, historia, etc.).

7.3 Anexo 3

ANEXO III

Hoja de actividad applet efecto fotoeléctrico

Responde de forma breve y concisa a las siguientes cuestiones:

- *Para un material dado, ¿qué ocurre si cambiamos la luz de rojo a azul?*
- *¿Qué propiedad de la luz cambia cuando cambia su longitud de onda?*
- *Supón que, para un metal dado, la luz roja no consigue arrancar electrones. ¿Cambiando la intensidad de la luz podré conseguirlo?. Argumenta tu respuesta.*
- *¿Sabrías explicar por qué para distintos metales cambia el número de electrones arrancados? ¿Qué parámetro físico determina si se arrancan electrones del metal o no?*

7.4 Anexo 4

ANEXO IV

El láser y sus aplicaciones

Si la historia de la humanidad ha de relatarse a partir de sus hitos tecnológicos, es indudable que el desarrollo de las fuentes de emisión láser y sus aplicaciones desde los años 60 del pasado siglo es uno de ellos. Culturalmente, ha significado el dominio de la luz, uno de los fenómenos naturales más ininteligibles y, fruto de ello, evocadores para las mentes de nuestros antepasados y coetáneos. Durante milenios, el ser humano ha sido mero espectador de sus efectos, primordialmente hacer visible la naturaleza, transmitir calor a los objetos y producir caprichosos fenómenos al atravesar las gotas de lluvia o un cristal. El desarrollo de los láseres ha supuesto una verdadera revolución tecnológica, probablemente del calibre de la invención de la máquina de vapor o de los circuitos electrónicos integrados. Costaría encontrar un sector tecnológico en el que el láser no tenga o haya tenido una contribución resaltable.

Y, sin embargo, ha sido una revolución silenciosa, casi imperceptible y armoniosa, como la propia luz. A la mayoría de la gente le costaría decir algo más allá de que el láser es luz.

Extracto de : Moreno Pedraz, P. "Prólogo." Prólogo. *El láser. La luz de nuestro tiempo*. Alonso Fernández, B. et al. Gloabia Anthema: Salamanca, 2010.

- Realiza, con la ayuda de Internet, un trabajo de investigación sobre las principales aplicaciones del láser en la sociedad actual (entre una y dos páginas). Intenta, en la medida de lo posible, incluir aplicaciones de distintos ámbitos (comercial, industrial, médico, comunicaciones, etc.).

7.5 Anexo 5

ANEXO V

Extractos de artículos de prensa sobre radiactividad

LA VANGUARDIA, 18 de marzo de 2011**Sustancias diabólicas**

El yodo 131 es sólo una de las sustancias diabólicas que se escapan, en estos momentos, de la central nuclear de Fukushima Daiichi. Pero en Ucrania y Bielorrusia siempre se recordará más que el resto de sustancias, ya que causó 8.358 casos registrados de cáncer de tiroides -la mayoría de ellos niños- tras el desastre de Chernóbil en 1986.

...No es un asunto menor. De ser verdad que se ha secado el llamado charco de residuos, podría ser inminente una catastrófica fusión de los desechos nucleares, escenario aún más temible que el *meltdown* de un reactor, ya que en el proceso nuclear de generación de energía lo que se tiran son las materias más radiactivas, entre ellos yodo 131.

...Aparte de yodo 131, la sustancia que más se concentra en los residuos es el muy cancerígeno cesio 137. El yodo 131 tiene una media de vida de sólo ocho días, por lo que los expertos creen que muchos de los cánceres de tiroides de Chernóbil habrían podido evitarse de haber prohibido el consumo de leche de vacas en la zona en los meses posteriores al accidente. El cesio 137, que ataca músculos y órganos, mantiene su radiactividad durante seiscientos años.

EL PAÍS, 23 de mayo de 2008**La Comisión Europea defiende la energía nuclear para reducir las emisiones de CO2**

La renovación de la capacidad generadora de electricidad en la Unión Europea (UE) y la apuesta por la energía nuclear como fuente no contaminante fueron las principales conclusiones del II Foro Europeo de la Energía Atómica, que se clausuró hoy en Praga.

El presidente de la Comisión Europea, José Manuel Durao Barroso, ya señaló ayer, en la apertura del encuentro, que "la energía nuclear puede hacer una gran contribución a la batalla contra el cambio climático", ya que genera dos tercios de la electricidad sin emisiones de CO2 de la UE.

...El foro se cerró con un llamamiento de los organizadores checos a apoyar "sin ambigüedades" esta fuente energética por sus bajas emisiones de CO2, como una vía para cumplir el objetivo comunitario de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un 20 por ciento hasta 2020.

...Esta plataforma aconseja a la Comisión Europea considerar la energía atómica como una fuente de energía "libre de emisiones", así como crear una licencia europea para la nueva generación de plantas nucleares...

7.6 Anexo 6

ANEXO VI

Temas para trabajo sobre las aplicaciones de la energía nuclear

- A. La radiactividad aplicada a la medicina (diagnóstico, tratamiento, investigación, esterilización de material quirúrgico, etc.): radioisótopos más usados, reacciones a tener en cuenta, ventajas e inconvenientes de su uso.
- B. La radiactividad aplicada a la agricultura (control de plagas, conservación de alimentos, etc.): radioisótopos más usados, reacciones a tener en cuenta, ventajas e inconvenientes de su uso.
- C. La radiactividad aplicada a la geología y arqueología (datación de restos arqueológicos, edad de la Tierra, etc.): radioisótopos más usados, reacciones a tener en cuenta, ventajas e inconvenientes de su uso.
- D. La radiactividad aplicada al arte (restauración de obras artísticas, verificación de objetos artísticos o históricos, etc.): radioisótopos más usados, reacciones a tener en cuenta, ventajas e inconvenientes de su uso. Presentar algún caso real de aplicación.
- E. La radiactividad aplicada a la industria (procesos de producción, materiales de construcción, etc.): radioisótopos más usados, reacciones a tener en cuenta, ventajas e inconvenientes de su uso.
- F. Reactores nucleares para generar electricidad: funcionamiento básico de un reactor de fisión, radioisótopos más usados, reacciones a tener en cuenta, ventajas e inconvenientes de su uso.
- G. Investigación en fusión nuclear y tratamiento de residuos: ventajas e inconvenientes de su uso. Presentar algún proyecto real de investigación.

7.7 Anexo 7

ANEXO VII

Rúbrica de actitudes

Tabla 17: Rúbrica de actitudes.

INDICADORES	NIVEL DE LOGRO				Selecciona
	Nivel 1 (0)	Nivel 2 (5)	Nivel 3 (7.5)	Nivel 4 (10)	el nivel Puntuación
Actitud (15%) Llega a clase de forma puntual (3%).	Nunca llega a clase de forma puntual.	Pocas veces llega a clase de forma puntual.	Casi siempre llega a clase de forma puntual.	Siempre llega a clase de forma puntual.	PUNTUACIÓN TOTAL EN ACTITUD
	Atiende a las explicaciones del docente y a las aportaciones de sus compañeros (3%).	No presta atención a las explicaciones del docente y a las aportaciones de sus compañeros.	frecuente y en ocasiones no atiende a las explicaciones del docente y a las intervenciones de sus compañeros.	Casi siempre atiende a las explicaciones del docente y a las aportaciones de sus compañeros.	
Guarda silencio en clase y se muestra respetuoso con las intervenciones de los demás (3%).	No guarda silencio en clase y se muestra irrespetuoso con las intervenciones de los demás.	Le cuesta guardar silencio y mostrarse respetuoso con las intervenciones de los demás.	Intenta guardar silencio y mostrarse respetuoso con las intervenciones de los demás.	Siempre guarda silencio y se muestra respetuoso con las intervenciones de los demás.	
	Viene a clase preparado (3%).	Nunca viene a clase preparado. No se esfuerza	Pocas veces viene a clase preparado. Le cuesta	Suele venir a clase preparado. Casi siempre	
Es limpio y ordenado en la realización de las actividades (3%)	No se esfuerza por realizar las actividades de forma limpia y ordenada.	Le cuesta realizar las actividades de forma limpia y ordenada.	Casi siempre realiza las actividades de forma limpia y ordenada.	Siempre realiza las actividades de forma limpia y ordenada.	

Fuente: Elaboración propia.

7.8 Anexo 8

ANEXO VIII

Rúbrica de participación e intervención en clase

Tabla 18: Rúbrica de participación e intervención en clase.

INDICADORES	NIVEL DE LOGRO				Selecciona
	Nivel 1 (0)	Nivel 2 (5)	Nivel 3 (7.5)	Nivel 4 (10)	el nivel Puntuación
Participación e intervención en clase (15%)	Contribuye frecuentemente a las discusiones en clase (2.5%).	No participa nunca en las discusiones en clase.	Participa poco en las discusiones en clase.	Participa de vez en cuando en las discusiones en clase.	Participa frecuentement e en las discusiones en clase.
	Demuestra interés en las discusiones o debates en clase (2.5%).	No muestra ningún interés en las discusiones o debates en clase. Se niega a responder a las preguntas formuladas por el docente o por sus compañeros.	Se muestra poco interesado en las discusiones o debates en clase. Rara vez responde a las preguntas formuladas por el docente o por sus compañeros. Pocas veces formula preguntas pertinentes en clase.	Se muestra interesado en las discusiones o debates en clase. Intenta contestar a las preguntas formuladas por el docente o por sus compañeros. A veces formula preguntas pertinentes en clase. Intenta presentar argumentos relacionados con el contenido. Pocas veces demuestra iniciativa y creatividad en clase.	Demuestra un gran interés en las discusiones o debates en clase. Siempre contesta a las preguntas formuladas por el docente o por sus compañeros. Realiza preguntas pertinentes en clase de forma frecuente. Presenta de forma frecuente argumentos relacionados con el contenido. Demuestra iniciativa y creatividad en clase de forma frecuente.
	Contesta preguntas del docente y sus compañeros (2.5%).	Contesta preguntas del docente y sus compañeros (2.5%).	Contesta preguntas del docente y sus compañeros (2.5%).	Contesta preguntas del docente y sus compañeros (2.5%).	Contesta preguntas del docente y sus compañeros (2.5%).
	Formula preguntas pertinentes en clase (2.5%).	Formula preguntas pertinentes en clase (2.5%).	Formula preguntas pertinentes en clase (2.5%).	Formula preguntas pertinentes en clase (2.5%).	Formula preguntas pertinentes en clase (2.5%).
	Presenta argumentos relacionados con el contenido (2.5%).	Presenta argumentos relacionados con el contenido (2.5%).	Presenta argumentos relacionados con el contenido (2.5%).	Presenta argumentos relacionados con el contenido (2.5%).	Presenta argumentos relacionados con el contenido (2.5%).
	Demuestra iniciativa y creatividad en clase (2.5%).	Demuestra iniciativa y creatividad en clase (2.5%).	Demuestra iniciativa y creatividad en clase (2.5%).	Demuestra iniciativa y creatividad en clase (2.5%).	Demuestra iniciativa y creatividad en clase (2.5%).

PUNTUACIÓN TOTAL EN PARTICIPACIÓN E INTERVENCIÓN EN CLASE

Fuente: Elaboración propia.

7.9 Anexo 9

ANEXO IX

Prueba escrita evaluación final

Prueba final: Física Moderna**Nombre:** _____

1. Enuncia los postulados de la Teoría de la Relatividad Especial.
2. ¿Sabrías mencionar algún dispositivo cuyo funcionamiento se base en los principios de la física relativista? Explica brevemente su relación con esta teoría.
3. Explica con tus palabras qué es el fenómeno cuántico de dualidad onda-corpúsculo.
4. ¿Sabrías explicar que es el efecto fotoeléctrico? Menciona al menos una aplicación tecnológica de dicho fenómeno.
5. Explica con tus palabras cómo funciona un láser. Menciona al menos una aplicación tecnológica del láser presente en nuestra sociedad.
6. ¿Sabrías explicar con tus palabras qué es la radiactividad? Explica brevemente los tres tipos de radiación natural existentes (α , β y γ).
7. ¿En qué ámbitos se utiliza la radiactividad y con qué fines? Menciona, al menos, dos de ellos.
8. ¿Cuál es la diferencia entre los procesos de fisión y fusión nucleares? Explica las ventajas e inconvenientes de cada uno de ellos.
9. ¿Estás a favor o en contra del uso de la energía nuclear en la producción de energía eléctrica? Justifica tus argumentos.
10. En tu opinión, ¿Te parece que la sociedad se ha visto beneficiada por los avances científicos en el campo de la física producidos en el siglo XX?

7.10 Anexo 10

ANEXO X

Cuestionario de satisfacción

- Ordena con una puntuación de 1 a 7 las actividades realizadas a lo largo de la unidad didáctica, siendo 1 la que te ha resultado más interesante y 7 la que menos.
- Puntúa del 1 al 5 el grado de satisfacción de las distintas actividades realizadas en la unidad didáctica, según la siguiente escala: 1 - muy interesante, 2 - interesante, 3 - indiferente, 4 - aburrido y 5 - muy aburrido.
- La unidad didáctica en general te ha parecido:
Interesante Indiferente Aburrída
- ¿Crees que las actividades te han ayudado a comprender mejor los conceptos de la asignatura de 'Física' que se han visto en la unidad didáctica? Indica cuál de ellas es la que más te ha ayudado.
- ¿Crees que las actividades te han ayudado a mejorar en la utilización de recursos TIC?
- ¿Te ha parecido adecuado que las actividades relacionaran la ciencia con la tecnología y con la sociedad?
- ¿Te han parecido adecuados los recursos utilizados en la puesta en práctica de las actividades? Indica los recursos utilizados de los que prescindirías y aquellos que has echado en falta.
- ¿Como crees que han influido los avances científicos en física producidos en el siglo XX en la vida de las personas?
- ¿Te ha parecido adecuada la conformación de los grupos en las distintas actividades? Indica en qué actividades no te ha parecido adecuada y en cuáles sí.
- ¿Te sientes cómodo/a trabajando en grupo? ¿O, por contra prefieres trabajar de forma individual?

7.11 Anexo 11

ANEXO IX

Escala de valoración del desempeño del docente

Tabla 19: Escala de valoración del desempeño docente. 1: nivel bajo, 2: nivel medio y 3: nivel alto.

Ámbitos de autoevaluación	Indicadores de logro	ESCALA 3 2 1
Planificación de la actividad docente	<p>Se secuencian los contenidos y se integran los objetivos y las competencias clave.</p> <p>Se integran las competencias clave en la planificación y se incluyen los criterios y los procedimientos para su evaluación.</p> <p>Se incluyen procedimientos y criterios de evaluación y calificación en las programaciones didácticas, en coherencia con el proyecto educativo y con el contexto del alumnado, y en el marco de la evaluación continua.</p> <p>La actividad en el aula es adecuada a la secuenciación de contenidos y competencias clave planificada en la unidad didáctica.</p>	
Práctica docente en el aula	<p>Se presenta la información al alumnado y se consigue su participación e implicación en el aprendizaje.</p> <p>Se organiza la clase, los agrupamientos y los recursos y materiales de los que el alumnado hace uso.</p> <p>Las actividades están bien diseñadas y se aplican de forma eficaz.</p> <p>Se atiende al alumnado con dificultades de aprendizaje y con necesidades específicas de apoyo educativo.</p> <p>Se aplica una evaluación continua en la dinámica del aula y se valora la producción del alumnado.</p>	
Actitud personal del docente	<p>Se valoran las actividades de lectura, escritura y expresión oral en todas las actividades realizadas.</p> <p>Es consciente de sus propias limitaciones.</p> <p>Se informa acerca de mejores prácticas.</p> <p>Se muestra motivado frente a la oportunidad de realizar mejoras.</p>	

Fuente: Adaptación de Bolancé, Cuadrado, Ruiz y Sánchez (2013).