



Facultad de Educación

MÁSTER EN FORMACIÓN DEL PROFESORADO DE EDUCACIÓN SECUNDARIA

Propuesta Didáctica: La Energía Nuclear bajo un fundamento científico
Didactic Proposal: Nuclear Energy under a scientific foundation

Alumna: Estefanía Cacicedo Fernández

Especialidad: Física y Química y Tecnología

Director: José Ángel Mier Maza

Curso académico: 2019/2020

Fecha: septiembre de 2020

RESUMEN

Este Trabajo Fin de Máster tiene como objetivo plantear una propuesta didáctica para la enseñanza-aprendizaje de la energía nuclear bajo un fundamento científico. La controversia que envuelve la energía nuclear hace que muchas veces los estudiantes tengan ideas preconcebidas sobre esta fuente de energía, sin un conocimiento técnico de la misma. Lo que se pretende en este trabajo es realizar un análisis sobre los puntos más importantes que tienen que conocer los alumnos de 1º de Bachillerato en materia de energía nuclear, siguiendo lo recogido en el currículo, y conocer cuál es el panorama actual de enseñanza de esta fuente de energía.

Una vez realizado el análisis teórico y científico, se diseña una unidad didáctica dinámica, innovadora y eficaz, capaz de otorgar al alumno el conocimiento necesario para poder realizar su propio análisis crítico sobre la energía nuclear y su uso actual y futuro.

PALABRAS CLAVE

Energía nuclear, fisión nuclear, seguridad nuclear, fundamento científico.

ABSTRACT

The aim of this Master final Project is to present a didactical proposal for the teaching-learning of nuclear energy under a scientific foundation. The controversy surrounding nuclear energy is the reason why students have a preconceived idea of nuclear energy, without any technical knowledge. The aim of this project is to analyse what are the most important points that 1st year high school students have to know, and research how is the teaching current situation of this energy source.

Once the theoretical and scientific analysis has been carried out, a dynamic, innovative and effective didactic unit is designed, capable of giving the student the necessary knowledge to be able to carry out their own critical analysis on nuclear energy and its current and future use.

KEY WORDS

Nuclear energy, nuclear fission, nuclear security, scientific foundation.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN	1
2. ESTADO DE LA CUESTIÓN Y RELEVANCIA DEL TEMA	2
2.1. Energía nuclear en la actualidad	2
2.1.1. Energía nuclear en el mundo	2
2.1.2. Energía nuclear en España.....	3
2.2. Análisis teórico	3
2.2.1. Introducción a la energía nuclear.....	3
2.2.2. Energía de fisión nuclear.....	4
2.2.3. Principio de funcionamiento de una central nuclear de fisión	5
2.2.4. Partes y componentes de una central nuclear de fisión.....	6
2.2.5. Tipos de reactores nucleares.....	7
2.2.6. Seguridad en las centrales nucleares	8
2.2.7. Impacto medioambiental.....	9
2.2.8. Introducción a la fusión nuclear	10
2.3. Análisis científico	11
2.3.1. Artículo 1. “Enfoque CTS en la enseñanza de la energía nuclear: análisis de su tratamiento en textos de física y química de la ESO”. Autores: García-Carmona, A. y Criado, A. M.....	11
2.3.2. Artículo 2. La competencia social y ciudadana desde la educación científica: una experiencia en torno a la energía nuclear. Autores: García-Carmona, A. y Criado, A. M.....	12
2.3.3. Artículo 3. Estado de la cuestión sobre el aprendizaje y la enseñanza de la radiactividad en la educación secundaria. Autores: Corbelle, J. y Domínguez, J.M. 13	
2.3.4. Artículo 4. Diseño de actividades para el aprendizaje de la radiactividad en Bachillerato. Autoras: Lavín, C. y Mínguez, R.....	14
2.3.5. TEI Piraeus students' knowledge on the beneficial applications of nuclear physics: Nuclear energy, radioactivity - consequences. Autora: Pilakouta, M.....	15
2.3.6. Artículo 6. A comparative study of the impact of students' feeling regarding the use of nuclear energy. Autora: Maharaj, R.....	16
2.3.7. Conclusiones	17
3. OBJETIVOS	18
4. PROPUESTA DIDÁCTICA	19
4.1. Introducción y justificación	19
4.1.1. Ubicación de la unidad didáctica	20

4.2. Contribución al desarrollo de las competencias	21
4.3. Objetivos	22
4.4. Contenido	23
4.5. Metodología	24
4.5.1. Principios metodológicos.....	24
4.5.2. Metodologías del docente	25
4.6. Actividades de enseñanza-aprendizaje	26
4.7. Organización de tiempos y espacios	27
4.7.1. Desarrollo de la unidad por sesiones	28
4.8. Recursos y materiales	32
4.9. Evaluación	33
4.9.1. Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje	33
4.9.2. Principios y técnicas para evaluar el proceso de aprendizaje	34
4.9.3. Criterios de calificación.....	35
4.10. Atención a la diversidad	36
5. CONCLUSIONES	36
6. BIBLIOGRAFÍA	38
7. ANEXOS	42
7.1. Anexo I	42
7.2. Anexo II	44
7.3. Anexo III	45
7.4. Anexo IV	47
7.5. Anexo V	48
7.6. Anexo VI	48

1. INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN

La energía nuclear es una fuente energética de base que garantiza el abastecimiento de electricidad de forma constante y con precios bajos dentro del mix energético. Se caracteriza por ser una alternativa ante los altos costes del petróleo, sin emisiones de gases de efecto invernadero y reduciendo la dependencia energética exterior (Mínguez, 2015).

En el ANEXO II del Decreto 38/2015 se recoge la importancia de la energía en la sociedad actual y cómo este contenido debe ser impartido en la asignatura Tecnología Industrial I. Se fomenta el uso racional de la energía para conseguir un desarrollo sostenible, analizando las ventajas e inconvenientes de las distintas formas de producción energética.

Por tanto, la energía constituye uno de los principales núcleos de la educación científica, ya que la comprensión de estos conceptos y principios ayudan a explicar fenómenos naturales de nuestro entorno (Doménech et al, 2003). Si bien, hay que tener en cuenta que una buena educación científica ha de contribuir al desarrollo de ciertas competencias, no solo en ciencia y tecnología, mediante un conocimiento limpio que desarrolle un espíritu crítico (Rocard et al., 2007). Desde esta perspectiva, se intenta que los alumnos sean capaces de evaluar el paradigma energético en el que se encuentran (Hobson, 2003).

Particularmente, el tema que nos concierne, energía nuclear, está marcado por una fuerte controversia en la sociedad (Sánchez del Río, 2004). Diferentes estudios demuestran que los alumnos tienen ideas preestablecidas sobre la energía nuclear desde el ámbito social, sin haber recibido formación sobre este tema previamente en el entorno académico (de Posada y Prieto Ruz, 1990; Raviolo, Siracusa y Herbel, 1997; Alsop y Watts, 1997). Esto es debido a que el fenómeno de la radiación/radiactividad nuclear está asociado con destrucción, enfermedades e incluso la muerte, a pesar de que ha contribuido en gran medida al avance en disciplinas como la medicina o la industria.

Atendiendo a la consecución de un aprendizaje significativo, es fundamental que el alumno sea capaz de interpretar los fenómenos de acuerdo con sus necesidades de conocimiento, generando cambios autónomos (Colombo et al.,

1991). Esto supondrá una evolución de sus conocimientos previos o una modificación favorecida por una comprensión científica. En cualquier caso, lo que se espera es que el conocimiento aporte un sentido crítico y una capacidad de respuesta argumentada.

En el presente documento, por tanto, se estudiará cuáles son las ideas previas de los alumnos en materia de energía nuclear y se planteará una propuesta didáctica que sirva como fundamento científico para tener opinión y criterio fundamentado.

2. ESTADO DE LA CUESTIÓN Y RELEVANCIA DEL TEMA

2.1. Energía nuclear en la actualidad

En este apartado se recogen algunos datos sobre la presencia de la energía nuclear en el mundo y en España desde un punto de vista de producción de energía y electricidad, aspecto del currículo de Tecnología Industrial en 1º de Bachillerato.

2.1.1. Energía nuclear en el mundo

El Instituto Worldwatch de Washington (Schneider y Froggatt, 2019) publica anualmente un reporte sobre el estado de la energía nuclear en el mundo. Según su último informe publicado en septiembre de 2019, hasta la fecha había 31 países operando 417 reactores nucleares, cuatro más que en el informe de 2018, pero 21 menos que en 2002, año con el mayor número de reactores operativos (IAEA, 2019).

La capacidad de operación mundial de estos reactores es de 370 GW, lo que supone un máximo histórico. A pesar de ello, la energía generada en el año 2018 fue de 2.563 TWh, un 2,4% menos que la generada en 2006, máximo recogido.

Como lleva ocurriendo en los últimos 10 años, más de la mitad de la producción de energía nuclear mundial es generada por 5 países, conocidos como los “big five”. Estos países, por rango, son Estados Unidos, Francia, China, Rusia y Corea del sur, generando el 70% de la energía nuclear mundial.

La presencia de la energía nuclear en el consumo mundial de energía primaria comercial se ha mantenido estable desde 2014 en torno al 4,4% (Schneider y Froggatt, 2019).

2.1.2. Energía nuclear en España

El número de reactores nucleares operativos a término de 2019 fue de 7, emplazados en 5 centrales nucleares distintas (UNESA, 2020).

En ese mismo año, la producción neta de electricidad en España fue de 260.713 GWh, de la cual un 21,2% era energía nuclear, consolidándose por noveno año consecutivo como la fuente de generación con mayor aporte al sistema eléctrico nacional (REE, 2020). Además, la producción neta sufrió un aumento del 4,8% respecto al año anterior, a pesar de tener una potencia instalada nuclear que supone solamente un 6,7% de la total española.

Esto se explica con el número de horas medio que están las distintas tecnologías en funcionamiento, siendo los reactores nucleares los que más tiempo trabajan en la producción de energía, seguidos de la cogeneración.

2.2. Análisis teórico

En este apartado se recogen los aspectos teóricos más importantes que servirán como base para el desarrollo de la propuesta didáctica que se va a plantear. Se tiene en cuenta que la unidad didáctica está prevista para Tecnología Industrial en 1º de Bachillerato y los contenidos que deben aparecer están marcados en el Decreto 38/2015.

2.2.1. Introducción a la energía nuclear

La energía nuclear es la energía potencial contenida en el núcleo de un átomo, que es liberada mediante las reacciones nucleares.

El átomo es la partícula más pequeña en la que se puede dividir un elemento y su núcleo está formado por neutrones y protones. Estas subpartículas se encuentran unidas en su estado natural debido a los enlaces de energía, gobernados por la interacción nuclear fuerte. Los núcleos atómicos ligeros tienden a tener el mismo número de neutrones que de protones, consiguiendo la estabilidad, es por eso que no se produce una desintegración instantánea de los

núcleos de los átomos. Esto se explica por la repulsión coulombiana; al ser esta interacción mucho más débil que la interacción fuerte en distancias del orden del radio de un núcleo atómico. El proceso por el cual se modifican estos enlaces es la reacción nuclear, en la que se produce una gran liberación de energía en forma de calor (Lamarsh y Baratta, 2001). La energía liberada puede calcularse en base al defecto de masa de los productos respecto a los reactivos, a partir de la fórmula de Einstein de equivalencia entre masa y energía.

$$E = m c^2$$

Según el proceso de modificación de los enlaces, existen dos tipos de reacciones nucleares; fisión y fusión. La primera se caracteriza por la división del núcleo de un átomo pesado en varios más ligeros, mientras que en la segunda se unen varios núcleos ligeros en uno más pesado.

El objeto de estudio de este documento estará más centrado en la energía de fisión, ya que es la que actualmente se utiliza para la producción de energía eléctrica, pero se hará una breve introducción a la energía de fusión nuclear.

2.2.2. Energía de fisión nuclear

En este tipo de reacción nuclear, el neutrón incidente es absorbido por un núcleo pesado, formando un núcleo compuesto, que se excita alcanzando un alto nivel de energía. El núcleo resultante se rompe en varios fragmentos de fisión, resultando varios núcleos más ligeros junto con algún neutrón. La liberación de neutrones se produce para que los nuevos núcleos resultantes alcancen la estabilidad.

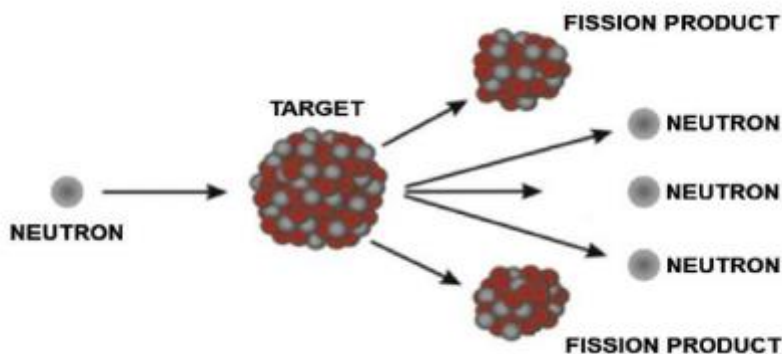


Figura 1. DOE fundamentals handbook (1993). Figura del esquema del proceso de fisión nuclear. [Figura]. Recuperado de <https://www.cedengineering.com>

El uranio está constituido por el isótopo U-235 y por el U-238. La proporción del isótopo U-238 es muy superior a la del U-235 (99,3% frente al 0,7%), sin embargo, el isótopo habitualmente utilizado es el U-235, ya que precisa de una energía de incidencia inferior para fisionarse.

2.2.3. Principio de funcionamiento de una central nuclear de fisión

El principio de funcionamiento de una central nuclear de fisión se basa en el ciclo de Rankine, al igual que una central térmica. En este caso, la fuente energética no es el combustible fósil, sino combustible nuclear. En una central nuclear, la caldera de la central térmica es sustituida por el reactor nuclear.

La principal diferencia que existe entre ambos ciclos es la procedencia del vapor. Mientras que en la central térmica es vapor sobrecalentado, en la central nuclear es vapor saturado. Esta naturaleza distinta del vapor afecta al salto entálpico en la turbina, por eso las turbinas de una central nuclear son de dos cuerpos; uno de alta presión y otro de baja presión.

La generación de energía eléctrica en una central nuclear sigue tres procesos. En el primero se obtiene energía térmica en el reactor. En el segundo, los intercambiadores de calor y las bombas extraen el calor del reactor para formar vapor. En el último proceso, las turbinas y el generador eléctrico transforman la energía térmica en energía eléctrica.

Además, en una central nuclear se distingue un circuito primario y uno secundario. Son circuitos cerrados sin mezcla entre ellos, ya que en el primario se encuentra el combustible radiactivo y el secundario está libre de radiactividad.

2.2.4. Partes y componentes de una central nuclear de fisión

Una central nuclear está formada por distintas partes y edificios, cada uno con unos requerimientos técnicos diferentes en función de lo que en él se albergue o la actividad que se lleve a cabo (Delgado, 2017). Las principales zonas son:

Edificio de contención: en él se encuentra el reactor y todos los elementos con alto grado de radiactividad. Se trata de una estructura cerrada herméticamente y con unas características de seguridad elevadas.

Edificio de combustible: es la zona de manejo del combustible. Aquí se encuentra el combustible nuevo para su uso, como el almacenamiento del ya utilizado. Se guarda en unas piscinas de refrigeración según sale del reactor hasta que es llevado a los depósitos de almacenamiento o cuando ha llegado el final de radiactividad.

Edificio de turbinas: en él se encuentran los grupos de turbinas de alta y de baja. Se trata de un edificio que contiene el circuito secundario, por lo que no pasa por aquí radioactividad.

Otros edificios: existen otros edificios desde los que se controla el sistema eléctrico o los sistemas de emergencia y seguridad.

La central nuclear se divide también, a parte de por los edificios, por los diversos sistemas que la conforman. Estos son el sistema de seguridad activo y pasivo, sistemas eléctricos, sistema de control del reactor y sistema de refrigeración. Este último es el más importante de la central, compuesto por los principales elementos que se detallan a continuación.

El elemento más importante de una central nuclear es su reactor. En él se produce la fisión de los núcleos atómicos, liberando una gran cantidad de energía en forma de calor. En el interior del reactor (vasija) se encuentra el material combustible y el moderador. El material combustible (dispuesto en varillas) más utilizado es el uranio, que absorbe los neutrones para dividir su núcleo en varios

más ligeros y liberar más neutrones generándose una fisión en cadena. El material moderador, por su parte, tiene la función de frenar la velocidad de estos neutrones para que el proceso de fisión sea controlado. Los moderadores más utilizados son agua ligera y pesada y carbono (grafito).

El reactor cuenta también con un fluido refrigerante para reducir la temperatura del núcleo durante el proceso de fisión. Por último, dentro del reactor, entre las varillas de combustible, se encuentran las barras de control. Son unas varillas de material absorbedor de neutrones (generalmente boro), que regulan el proceso de fisión en el núcleo. Si están introducidas plenamente en el reactor, neutralizan la fisión. A medida que son retiradas, se produce la fisión nuclear controlada.

El generador de vapor es un transformador de calor que conecta el circuito primario con el secundario y tiene como función el transporte del calor del reactor a la turbina.

Las turbinas de una central nuclear tienen dos cuerpos; uno de alta presión y otro de baja, cuya función es la transformación de la energía térmica en eléctrica.

Además, hay otros elementos importantes como las bombas, el presionador, el alternador, el condensador y la torre de refrigeración.

2.2.5. Tipos de reactores nucleares

Existen diferentes tipos de reactores nucleares. Los más habituales son:

Reactor de agua a presión (por sus siglas en inglés PWR: Pressure Water Reactor). Son los reactores más comunes. Se caracterizan por utilizar uranio natural enriquecido en U-235 como combustible. Este tipo de reactor utiliza el mismo elemento como moderador y refrigerante, agua ligera. Tan solo se utilizan las barras de boro para controlar la potencia del reactor o provocar su parada. Su nombre proviene de la alta presión a la que se encuentra el agua (160 bares), lo que hace que no hierva pese a su elevada temperatura. Para producir el vapor que mueve las turbinas y crea energía eléctrica, el agua es conducido a un intercambiador agua-agua, donde el agua del primario se enfría de vuelta al núcleo y el agua del secundario se calienta convirtiéndose en vapor.

Reactor de agua en ebullición (por sus siglas en inglés BWR: Boiling Water Reactor). Estos reactores presentan ciertas similitudes con las calderas de las centrales térmicas, pero su uso está menos extendido. El tipo de combustible (uranio natural enriquecido) y el sistema de control (barras de boro) es el mismo que en los reactores PWR. El agua ligera es también el elemento moderador, que a su vez se calienta por la fisión y pasa directamente a la turbina en forma de vapor. En este tipo de reactor, al hervir el agua cerca del núcleo, se convierte en vapor y no hace falta un generador.

Reactor de agua pesada (CANDU). De sus siglas en inglés PHWR: Pressurized Heavy Water Reactor. Este tipo de reactor es más complejo que los de agua ligera, de ahí que no sean muy usados en la práctica. La principal diferencia con respecto a los reactores PWR y BWR es que usa agua pesada como elemento moderador y de transferencia de calor. El interés de usar agua pesada, óxido de deuterio, está en su bajo índice de absorción de neutrones. Los reactores tipo CANDU necesitan de un generador (intercambiador agua-agua) para conseguir el vapor que mueva las turbinas.

Reactor refrigerado por gas (de sus siglas en inglés GCR: Gas Cooled Reactor). Este tipo de reactor es el que más se diferencia de los anteriores, y está teniendo diferentes desarrollos de sí mismo. Se caracteriza por carecer de fluidos en estado líquido en su interior. El combustible utilizado en este caso es uranio natural sin enriquecer y el moderador es carbono (grafito). El refrigerante gaseoso es generalmente CO₂ que circula en el interior de las barras de grafito. Este tipo de reactor necesita también un intercambiador, en este caso gas-agua. El agua que pasa por el conducto secundario es calentada gracias al gas que sale del primario, convirtiéndose en vapor y moviendo la turbina.

2.2.6. Seguridad en las centrales nucleares

La manipulación de productos radiactivos entraña un riesgo, por lo que existen diferentes medidas técnicas y administrativas que tienen como objetivo la reducción de la probabilidad de accidente o la mitigación de sus consecuencias en caso de que ocurra. La seguridad en las centrales nucleares se basa en el principio “defensa en profundidad” (Campoy, Cuesta y Barreiro, 2019).

Básicamente consiste en una seguridad escalonada, tanto a nivel de protección física como operacional. Las pastillas de combustible están cubiertas por una vaina, que son introducidas en las varillas de combustible, a su vez están en la vasija del reactor y este está en el edificio de contención con una estructura de acero y hormigón. Por su parte, a nivel operacional, existen diferentes protocolos en cada una de las fases que se tienen que desarrollar para llegar a un accidente nuclear, para que esto no ocurra. Algunos ejemplos son: impedir desviaciones de potencia, detectarlas e interrumpirlas (barras de control) o usar el sistema de refrigeración.

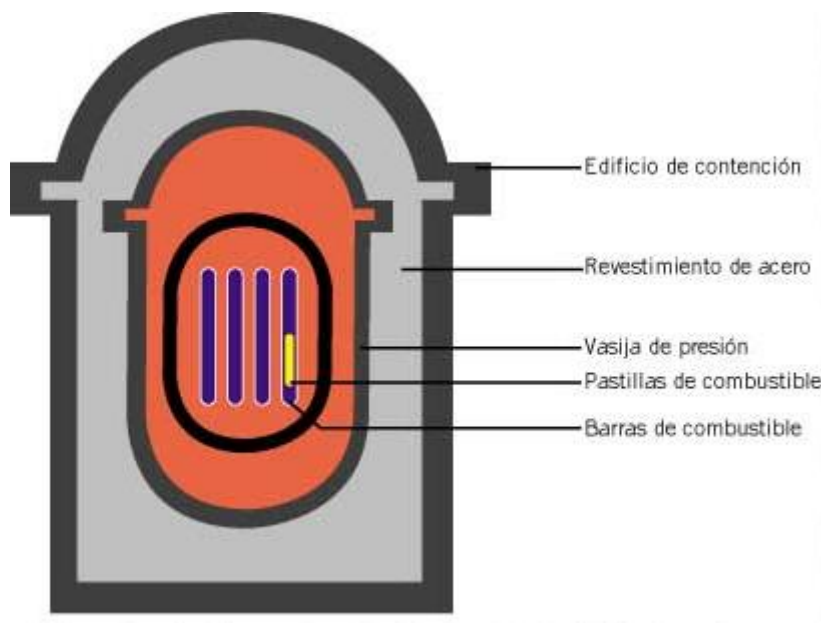


Figura 2.CSN. Figura del esquema de la defensa en profundidad de un reactor nuclear [Figura]. Recuperado de <https://www.pardell.es/centrales-nucleares.html>

2.2.7. Impacto medioambiental

Cualquier producto, proceso o actividad genera un impacto medioambiental en todas sus fases, desde la obtención, manipulación, explotación, hasta su gestión final como residuo. Algunos de los medidores de impacto ambiental en la producción de energía son: emisión de gases de efecto invernadero, disminución de la capa de ozono, acidificación del ambiente o producción de residuos.

Según un estudio realizado por el equipo de expertos de AUMA, el impacto ambiental global que genera una central nuclear es inferior que el del resto de centrales eléctricas que usan combustibles fósiles, y mayor que las centrales

basadas en energías renovables como la eólica o la hidráulica. El mayor impacto ambiental que producen las centrales nucleares proviene de los residuos radiactivos generados al final de la generación eléctrica.

Estos residuos radiactivos pueden estar en forma gaseosa, líquida o sólida y suponen un riesgo para el ser humano y para el medioambiente ya que emiten radiaciones ionizantes. Sin embargo, la toxicidad de estos residuos disminuye a lo largo del tiempo, a medida que se desintegran los isótopos radiactivos. Por eso, el combustible nuclear que ya ha sido usado en las centrales nucleares tiene que ser guardado en piscinas o en contenedores especiales durante muchos años para que pierda esa radiactividad y dejen de ser perjudiciales.

2.2.8. Introducción a la fusión nuclear

La energía procedente de la fusión nuclear se postula como la energía del futuro; ilimitada y limpia. En esta reacción nuclear, dos núcleos de átomos ligeros, generalmente isótopos del hidrógeno (hidrógeno, deuterio y tritio) al ser éste el núcleo más ligero, se unen formando un núcleo más pesado. Este tipo de reacción se da de manera espontánea en la naturaleza en las estrellas, liberando una gran cantidad de energía y calor, que es la que recibimos en La Tierra. Esta gran cantidad de energía permite que la materia entre en un estado de plasma. Esta transformación es la que se busca en el desarrollo de la fusión nuclear. Se pretende conseguir una temperatura muy elevada para generar el plasma. Después generar un confinamiento para mantener esa temperatura y el estado de la materia, para que finalmente se produzca el fenómeno de fusión.

Actualmente la energía de fusión está en desarrollo y se espera que pueda haber un reactor nuclear de fusión comercial para 2030. El estudio y desarrollo de esta tecnología se está llevando a cabo mediante una alianza internacional de 35 países materializada en el Proyecto ITER. Ya se han hecho avances y se ha conseguido el fenómeno de fusión, pero hay que conseguir que el gasto energético que supone la consecución de todas las condiciones sea inferior a la cantidad de energía liberada en las reacciones de fusión.

La energía nuclear de fusión está libre de emisiones de gases efecto invernadero, al igual que la energía de fisión, pero además no produce residuos

radiactivos, ya que el proceso es controlado y no se produce una reacción en cadena como ocurre en la fisión. Se considera, por tanto, como “la energía del futuro” ya que cumple con todos los requisitos para posicionarse como una buena fuente energética (Mier, 2017). Algunas de estas características son:

- Es un recurso sostenible ya que garantiza la demanda por largos periodos de tiempo.
- La fusión nuclear emplea un combustible renovable ya que se renueva o puede ser considerado inagotable en la práctica.
- Se trata de una tecnología limpia que genera poca cantidad de residuos y estos son de baja peligrosidad. Además, tiene una baja o nula emisión de gases de efecto invernadero.
- La fusión nuclear es segura. La probabilidad de accidentes es muy reducida y es un proceso controlado.
- Se trata de una fuente energética distribuida uniformemente a lo largo del planeta, por lo que está disponible para su uso desde cualquier parte.

2.3. Análisis científico

En este apartado se hace una recopilación de artículos que muestran las tendencias de investigación que se han seguido respecto a la energía nuclear dentro del ámbito educativo. Se plantean cuestiones sobre cuáles son las ideas previas del alumnado en esta materia, diferentes actividades y propuestas didácticas sobre energía nuclear, así como la actitud de los docentes o la importancia de relacionar los contenidos científicos con los sociales.

El análisis de las publicaciones más representativas en materia de educación y energía nuclear han sido de gran ayuda a la hora de diseñar la propuesta didáctica que se plantea en este trabajo.

2.3.1. Artículo 1. “Enfoque CTS en la enseñanza de la energía nuclear: análisis de su tratamiento en textos de física y química de la ESO”. Autores: García-Carmona, A. y Criado, A. M.

En este artículo se analizan los contenidos y actividades relacionados con el enfoque CTS dentro de la unidad didáctica de energía nuclear y radiactividad.

Para ello se han escogido once libros de texto de las editoriales más utilizadas en la enseñanza de física y química para 3º ESO.

Para llevar a cabo el estudio se escogieron seis criterios como básicos y se analizaron su presencia o no en la unidad, así como la aparición de estos contenidos en diferentes tramos del tema (introducción, desarrollo, síntesis, ampliación...) o la propuesta de actividades. Los criterios seleccionados fueron:

- Producción y aplicaciones tecnológicas de la energía nuclear.
- Influencia de la ciencia nuclear en el ámbito sociopolítico y económico.
- Ciencia atómica y nuclear en la historia.
- Problemas medioambientales derivados de los residuos radiactivos.
- La mujer en la ciencia nuclear y el trabajo en equipo.
- Consecuencias beneficiosas y perjudiciales de la energía nuclear.

El estudio revela que solamente cinco de los once textos analizados incluye al menos la mitad de los criterios estudiados, no llegando ninguno a alcanzar la totalidad. Si se compara con la presencia de contenidos físico-químicos más asentados, la presencia en número y variedad de contenidos CTS relativos a la energía nuclear es muy inferior. Además, se observa que la mayoría de las actividades planteadas aparecen en los apartados de ampliación y no de desarrollo, lo que para los autores significa que sus creadores le han dado poca importancia.

2.3.2. Artículo 2. La competencia social y ciudadana desde la educación científica: una experiencia en torno a la energía nuclear. Autores: García-Carmona, A. y Criado, A. M.

El objetivo de esta publicación es conocer cuál es la evolución de conocimiento de los alumnos de 3º ESO después del desarrollo de una unidad didáctica en materia de energía nuclear. Para ello se llevaron a cabo tres actuaciones:

- Test inicial para conocer el punto de partida de los alumnos: se preguntaron por aspectos teóricos y sociales, como cuál es su posición (a favor o en contra) acerca del uso de la energía nuclear.
- Desarrollo de la unidad didáctica.

- Test de evaluación final y entrevistas individuales.

Los resultados obtenidos revelaron que los alumnos tenían, en general, una actitud negativa hacia la energía nuclear, pero con ideas pobres y subjetivas, incapaces de argumentar su posición a favor o en contra. Tras la experiencia y desarrollo de la propuesta didáctica, adquirieron un conocimiento científico sobre la materia que les desarrolló un espíritu crítico capaz de opinar y argumentar las razones que les llevan hacia una posición u otra. En la situación inicial el 60% se posicionaba en contra, con un 8% a favor y un 32% de indecisos. Al final del análisis, el porcentaje en contra se redujo a un 44%, con un 32% a favor y un 24% de indecisos.

2.3.3. Artículo 3. Estado de la cuestión sobre el aprendizaje y la enseñanza de la radiactividad en la educación secundaria. Autores: Corbelle, J. y Domínguez, J.M.

En este artículo se hace un estudio bibliográfico sobre las dificultades en el proceso enseñanza-aprendizaje de conceptos relacionados con la radiactividad. El estudio pretende ver si se hace un correcto uso de la terminología, si los conceptos son diferenciados y entendidos por la comunidad docente y cómo diferentes propuestas pueden contribuir en mayor o menor medida a un aprendizaje de calidad. El estudio se realiza desde tres vertientes distintas:

- Ideas previas de los alumnos.
- Ideas de los profesores en formación.
- Actividades de aula y propuestas didácticas.

El análisis realizado sobre las ideas previas de los alumnos revela errores y poca precisión en el uso de conceptos o términos como radiactividad, fuente radiactiva o radiación. Cabe destacar que este uso indiferenciado y poca propiedad sobre el tema proceda en gran parte del ámbito social y educativo, ya que no es un fenómeno que pueda ser percibido por los sentidos y haya generado confusión en los alumnos.

En cuanto a los docentes en formación, el estudio se hace eco de dos puntos: por un lado, que las ideas de un docente que se posiciona a favor o en contra de

un tema sean muy probablemente adquiridas por los alumnos. Por otro, la importancia de la formación pedagógica de los profesores en formación. En el análisis realizado se muestra una tendencia muy tecnológica en la enseñanza de los recién graduados, sin aportar la vertiente educativa y pedagógica.

Por último, el estudio muestra que no existen investigaciones sobre la eficacia de las distintas propuestas didácticas en tema de radiactividad. No se han diseñado propuestas innovadoras y eficaces, por lo que plantea que esta sea ahora la vertiente de estudio.

2.3.4. Artículo 4. Diseño de actividades para el aprendizaje de la radiactividad en Bachillerato. Autoras: Lavín, C. y Mínguez, R.

En este artículo se plantea una propuesta didáctica para el proceso de enseñanza-aprendizaje de conceptos de radiactividad en Bachillerato. Lo primero que se ha definido en la propuesta han sido los contenidos científicos que se querían trabajar: sustancias radiactivas, desintegración radiactiva y radiación natural y artificial. Para ello, desde una actitud constructivista y buscando un aprendizaje significativo se ha empleado el uso de analogías para explicar conceptos abstractos relacionados con la vida cotidiana. Otra de las técnicas planteadas en la propuesta ha sido la realización de experimentos científicos. Con el fin de que el diseño expuesto en el artículo pudiera ser planteado por cualquier instituto, se han propuesto actividades en las que no se requiriese de aparatos costosos y fuera del alcance de la mayoría. Por último, se ha dado especial importancia a la visión de la radiactividad en los medios de comunicación. Se demuestra en el estudio cómo los alumnos tienen una idea negativa sobre este concepto debido a lo que escuchan o leen en los medios y se han planteado actividades de análisis de ciertas noticias bajo un conocimiento científico y crítico.

Como conclusión, se trata de una propuesta que acerca al alumno a la ciencia de la radiactividad empleando el aprendizaje significativo y relacionando el contenido científico con sus conocimientos previos y su relación con el entorno. Se trata de una propuesta dinámica, innovadora y eficaz para la enseñanza de los conceptos relacionados con la radiactividad en Bachillerato.

2.3.5. TEI Piraeus students' knowledge on the beneficial applications of nuclear physics: Nuclear energy, radioactivity - consequences. Autora: Pilakouta, M.

Este artículo fue realizado por la Universidad de West Attica después del desastre nuclear de Japón en 2011. El estudio quería revelar una confusión y falta de conocimiento de los ciudadanos en cuestiones relativas a la energía nuclear y la radiactividad. La hipótesis era una tendencia negativa a la radiactividad fruto del desconocimiento, y el objetivo era sensibilizar a los alumnos de las aplicaciones de la física nuclear y de los efectos nocivos de la misma.

En el currículo de educación secundaria se recogen puntos que hacen referencia a la enseñanza-aprendizaje de temas relacionados con la energía nuclear y la radiactividad. Por esta razón se considera que los ciudadanos tengan un conocimiento parecido en esta materia, a excepción de aquellos que encaminan sus estudios superiores sobre esta ciencia.

En este sentido se realizó un cuestionario a los alumnos de la facultad de ingeniería de primer año relativo a contenidos de conocimiento científico y social sobre energía nuclear y radiactividad y los resultados fueron los siguientes: los alumnos conocen que la fisión nuclear es la reacción por la que se produce energía en las centrales nucleares, pero tienen dificultades a la hora de distinguir cuáles son las sustancias derivadas de un accidente como el de Japón, cuál es la fuente que nos aporta una mayor radiación a lo largo de nuestra vida o cuál fue el número de muertes directas provocadas en los tres meses siguientes al desastre de Chernobyl.

Uno de los puntos importantes revelados en el estudio es que los alumnos opinan que sus principales fuentes de conocimiento relativas a la energía nuclear son internet y/o los medios de comunicación, mencionando tan solo un 14% a la escuela como fuente de información en este ámbito. Este hecho hace reflexionar sobre la importancia de una buena propuesta didáctica que empape en conocimiento a los alumnos.

2.3.6. Artículo 6. A comparative study of the impact of students' feeling regarding the use of nuclear energy. Autora: Maharaj, R.

En este artículo la autora expone la relación que existe entre el ámbito cognitivo y afectivo del aprendizaje cuando se exponen temas con relativa controversia social como puede ser la radiactividad o el uso de la energía nuclear. Además, también expone que el conocimiento en una materia desarrolla el posicionamiento hacia un pensamiento u otro con espíritu crítico y razonado.

En este sentido, lo que su autora quería descubrir es cómo influyen los sentimientos en las ideas de los alumnos que estudian ciencias frente a los que no. Para ello se escogió dos grupos de alumnos distintos; los primeros no desarrollaban estudios de ciencias en la actualidad, pero había recibido conocimiento relativo a materia nuclear durante su etapa secundaria. El segundo grupo, por su parte, eran alumnos que iban por la rama de ciencias y tenían un conocimiento práctico de la energía nuclear.

El proceso para llevar a cabo el estudio pasó por tres fases: la primera, lanzamiento de un cuestionario sobre su posición respecto a la energía nuclear como producción de electricidad y comparándola con otras fuentes de energía. La segunda, una jornada de acercamiento a la energía nuclear en la que un experto habla de sus ventajas y desventajas, haciendo hincapié en los problemas derivados de los residuos radiactivos y los peligros asociados a la radiactividad. En la última fase, se realizó de nuevo el cuestionario a ambos grupos.

Los resultados muestran que los alumnos del primer grupo mostraban en la primera fase un desconocimiento sobre la materia acompañada de desinformación por parte de medios no basados en fuentes empíricas. Después de la jornada, su respuesta es mucho más honda y concisa. Por su parte, los alumnos del segundo grupo, con un conocimiento mayor sobre el origen de la energía nuclear, sus propiedades, sus capacidades y alternativas, se muestran con una posición más cautelosa y desconfiada. Finalmente se llega a la conclusión de que los alumnos pueden conseguir un equilibrio entre su preocupación y cautela inicial cuando se les aporta una visión informada y científica del tema a tratar. Es por ello, que las diferencias en la posición antes y

después de la jornada de los alumnos que no estaban por la rama de ciencias era mucho más significativa que aquellos que sí lo estaban.

2.3.7. Conclusiones

A través de la revisión de los distintos artículos brevemente comentados, así como de tantos otros que se incluyen en la bibliografía y no se han podido reflejar, se ha obtenido una visión general sobre el estado actual, las líneas de investigación realizadas, así como las posibles incógnitas todavía sin responder en torno al proceso de enseñanza-aprendizaje en materia de energía nuclear.

Se ha observado una preocupación común en todos los artículos; la dificultad en el proceso de enseñanza-aprendizaje de temas relacionados con la radiactividad y la energía nuclear. Los estudios reflejan que los principales inconvenientes son los derivados de la propia complejidad de los conceptos, así como de un conocimiento científico muy pobre, tapado por la tendencia y opinión social.

En cuanto al primer motivo al que se hace referencia, la complejidad de los conceptos, los autores coinciden en que es un contenido poco perceptible por los sentidos o en la vida cotidiana, lo que hace que el primer contacto sea meramente teórico. Este hecho, ligado a la poca importancia que, según los autores, se le da a esta materia en los libros de texto y en las unidades didácticas, hace que el conocimiento científico que tienen los alumnos cuando llegan a una edad adulta sea muy inferior a otros contenidos de igual importancia en el currículo. Los autores achacan este problema a la poca formación de los docentes en materia de energía nuclear y a la tendencia en libros de texto de introducir estos contenidos como complementarios o de ampliación y no como principales.

El segundo motivo muy observado en los artículos analizados es la brutal influencia de la sociedad y los medios de comunicación en las ideas previas y sentimiento global del alumnado ante la energía nuclear. Los desastres nucleares de la historia reciente hacen que la publicidad que se hace de esta fuente de energía sea a priori de rechazo por la sociedad. Este hecho ligado a una tendencia muy pobre de conocimiento científico en las aulas sobre energía nuclear hace que esta sea la principal fuente de conocimiento.

En los artículos estudiados, además de analizar cuáles son los principales motivos que dificultan el proceso de enseñanza-aprendizaje de esta área de conocimiento, se plantean posibles técnicas que ayuden a impartir este contenido. Coinciden en la importancia de conocer el punto de partida y los conocimientos previos del alumnado para conseguir un aprendizaje significativo que identifique los conceptos erróneos y afiance un conocimiento científico.

En los estudios realizados no se pretende modificar la tendencia del alumno o su opinión sobre la radiactividad y su uso como fuente energética, pero sí dotarle de las herramientas necesarias para que sea capaz de discernir entre lo socialmente establecido y su fundamento teórico. Es importante para los autores que el alumnado sea capaz de crear una idea propia a través de un sentido crítico fundamentado en un conocimiento científico. Se ha demostrado en los estudios realizados que muchos de los alumnos mantienen su posición, mientras que otros la modifican, sin embargo, lo común para todos es que son capaces de aportar unos argumentos que justifiquen su posición y tienen un conocimiento adecuado para tal fin.

Con el análisis realizado, se considera por tanto necesario diseñar una propuesta dinámica, innovadora y eficaz para la enseñanza de la energía nuclear en Bachillerato. El objetivo final será siempre crear un espíritu crítico fundamentado en el conocimiento científico como principal fuente.

3. OBJETIVOS

Conociendo la importancia de la energía nuclear dentro del currículo y en vista de las dificultades presentadas en el proceso de enseñanza-aprendizaje de este conocimiento, se considera necesario el planteamiento de una propuesta didáctica que cumpla con los siguientes objetivos:

- Conocer el punto de partida y los conceptos erróneos de los alumnos para tomarlo como base y conseguir un aprendizaje significativo.
- Otorgar al alumno un conocimiento científico en materia de energía nuclear.

- Conseguir un espíritu crítico en el alumnado, haciéndole capaz de discernir entre las ventajas y desventajas del uso de la nuclear como fuente de energía.
- Lograr la comparación de esta fuente de energía con otras convencionales y renovables, entendiendo sus puntos fuertes y débiles.
- Fomentar el trabajo en grupo e introducir actividades de investigación en el aula para fomentar la adquisición de competencias clave.
- Hacer uso de herramientas digitales y conseguir la motivación e interés del alumno en la materia.

El objetivo de este Trabajo Fin de Máster es otorgar al alumno los conocimientos científicos necesarios para tener una actitud crítica sobre la energía nuclear. Este contenido se impartirá a través de una propuesta innovadora y dinámica, que consiga la motivación e interés del alumnado por el tema.

4. PROPUESTA DIDÁCTICA

4.1. Introducción y justificación

El desarrollo tecnológico configura el mundo actual que conocemos. Por este motivo, la sociedad en la que vivimos necesita una educación tecnológica amplia que facilite el conocimiento de las diversas tecnologías, así como de las técnicas y los conocimientos científicos que los sustentan.

El sistema educativo debe garantizar la formación en el campo de las competencias STEM, que se consideran prioritarias de cara al desarrollo integral del alumno y a su capacidad de desenvolverse en el mundo del conocimiento y la tecnología.

Los diferentes recursos energéticos y el papel de la energía en la sociedad es un tema importante en el desarrollo no solo científico del alumno, sino también en su disciplina social y de espíritu crítico y sostenible con el planeta.

Desde este enfoque se pretende impartir el contenido de energía nuclear, analizando las ventajas e inconvenientes frente a otras fuentes de energía y fomentando un uso racional y sostenible de la energía.

4.1.1. Ubicación de la unidad didáctica

La Unidad Didáctica “Energía Nuclear” se encuadra dentro de los contenidos de la asignatura de Tecnología Industrial de 1º de Bachillerato. Se trata de una materia específica para los alumnos que cursen Bachillerato en modalidad de Ciencias, por lo que el número de alumnos de esta asignatura suele ser muy reducido.

La Unidad Didáctica “Energía Nuclear” es la cuarta del curso académico y se desarrolla en la 1ª Evaluación. La disposición de los bloques temáticos se ha reorganizado en función de las sesiones necesarias para cada unidad, con el fin de no dejar un bloque sin terminar en una evaluación. También se ha tenido en cuenta la necesidad de contenido para algunas de las unidades didácticas.

La siguiente tabla recoge la programación por sesiones de todas las unidades didácticas del curso, teniendo un margen de 2-3 sesiones para complicaciones o retrasos que pudiera haber en el desarrollo del curso. En caso de disponer de ellas a final de curso, se realizará una ampliación de dibujo asistido por ordenador, contenido visto en el curso anterior de Tecnología en 4º ESO.

Tabla 1. Organización de la asignatura Tecnología Industrial I.

1ª EVALUACIÓN	BLOQUE I: Productos tecnológicos	
	Unidad Didáctica	Sesiones
	El mercado y sus leyes básicas	8
	Comercialización de productos	8
	BLOQUE V: Recursos energéticos	
	Unidad Didáctica	Sesiones
	Energía Térmica	7
	Energía Nuclear	6
	Energías Renovables	8
	Instalaciones en viviendas	8
2ª EVALUACIÓN	BLOQUE II: Materiales	
	Unidad Didáctica	Sesiones
	Materiales y sus propiedades	10

	Metales	8
	Plásticos	8
	BLOQUE IV: Procedimientos de fabricación	
	Unidad Didáctica	Sesiones
	Conformación por fusión	6
	Arranque de viruta	6
3ª EVALUACIÓN	BLOQUE III: Máquinas y sistemas	
	Unidad Didáctica	Sesiones
	Elementos mecánicos	8
	Elementos mecánicos II	8
	Electricidad. Circuitos	10
	Neumática e Hidráulica	10

4.2. Contribución al desarrollo de las competencias

Si se analiza el perfil competencial de la Asignatura de Tecnología Industrial destaca su contribución a la adquisición de las competencias clave que, según el artículo 6 de la LOMCE, son “capacidades para aplicar de forma integrada los contenidos propios de cada enseñanza y etapa educativa, con el fin de lograr la realización adecuada de actividades y la resolución eficaz de problemas complejos”.

Estas competencias claves del currículo están establecidas por el RD 38/2015, de 22 de mayo, siendo las siguientes:

- a. Comunicación lingüística.
- b. Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología.
- c. Competencia digital.
- d. Aprender a aprender.
- e. Competencias sociales y cívicas.
- f. Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor.
- g. Conciencia y expresiones culturales.

Partiendo de estas competencias claves, de manera más concreta a nuestra asignatura y unidad didáctica se identifican una serie de competencias específicas que permiten condensar el desarrollo de las competencias claves.

La unidad didáctica se desarrolla siguiendo diferentes medios o herramientas de trabajo, en los que se han identificado una serie de competencias específicas que fomentan la adquisición de las competencias claves, siempre teniendo en cuenta que se desarrollen todas y cada una de las competencias.

Tabla 2. Competencias específicas desarrolladas durante la unidad didáctica.

Competencias específicas	Comp. Clave desarrollada
Producir textos escritos y orales propios, de carácter tecnológico y en relación con el contenido de la unidad, a partir de diversas fuentes de información.	a, b, c, d, f
Resolución de problemas y ejercicios prácticos utilizando el lenguaje matemático y analizando el resultado con sentido crítico.	b, c, d
Analizar objetos o sistemas del mundo real y relacionarlos con el contenido de la unidad, obteniendo una visión actualizada de la actividad tecnológica.	b, d, f, g
Utilizar diferentes fuentes de consulta y las tecnologías de la información y la comunicación, para adquirir conocimiento de calidad sobre la materia.	a, b, c, d, f
Utilizar los diferentes recursos informáticos, como simuladores, para el desarrollo del conocimiento.	b, c, d
Utilizar de forma eficaz las herramientas informáticas para el desarrollo de la unidad (hojas de cálculo, software de diseño, bases de datos, simuladores, etc.).	a, b, c, d

4.3. Objetivos

Los objetivos generales del quinto bloque de contenidos de la asignatura Tecnología Industrial son:

- Conocer los distintos sistemas de producción energética.
- Analizar críticamente las ventajas y desventajas de cada sistema y poder compararlo con el resto.
- Describir los elementos que forman un sistema de obtención de energía.
- Realizar propuestas de reducción de consumo en viviendas y hacer cálculos de certificación energética.

Concretamente en esta unidad didáctica dedicada a la energía nuclear se pretende:

- Adquirir conocimiento científico sobre la obtención de energía en una central nuclear.
- Conocer cuál es el principio de funcionamiento de una central.
- Analizar las principales ventajas e inconvenientes de la tecnología y compararla con otras fuentes de energía convencionales y renovables.

El objetivo de esta unidad didáctica es cumplir con la primera parte del bloque quinto, atajando la parte de instalaciones y viviendas cuando se conozcan todas las fuentes de energía.

Por la controversia que genera la energía nuclear, un objetivo importante en esta unidad didáctica es otorgar al alumno el conocimiento y las herramientas científicas necesarias para ser capaz de generar su propio sentido crítico.

4.4. Contenido

Los contenidos serán el medio imprescindible para el desarrollo y consecución de los objetivos previamente definidos. Estos contenidos están recogidos en el Anexo II del Decreto 38/2015, de 22 de mayo, que establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Cantabria. Concretamente esta Unidad Didáctica se desarrolla dentro del “Bloque 5. Recursos energéticos”, aunque solo se impartirá la primera parte. Los contenidos que marca este documento y se desarrollan en esta unidad son los siguientes:

- La energía y su transformación. Rendimiento.
- Fuentes de energía renovables y no renovables: centrales y dispositivos de aprovechamiento. Partes y funcionamiento.
- Impacto medioambiental del empleo de diferentes fuentes de energía.
- Instalaciones energéticas en viviendas. Criterios de ahorro. El certificado energético.

4.5. Metodología

4.5.1. Principios metodológicos

Los principios metodológicos que se llevarán a cabo en el desarrollo de esta unidad didáctica son los recogidos en la programación del curso. Los aspectos más fundamentales son los siguientes:

Conocer el nivel de partida del alumno. Para conseguir un *aprendizaje personalizado*, es importante saber el *punto de partida* de cada estudiante. De este modo se planificarán las actividades partiendo de aquellos conocimientos y capacidades que el alumno manifiesta, para fomentar y enriquecer su aprendizaje. Así mismo, se podrá prever la necesidad de actividades de ampliación y/o refuerzo para determinados alumnos.

Fomentar el aprendizaje significativo. Partiendo de los conocimientos, capacidades y actitudes de los alumnos, se estructurará la unidad didáctica de forma *lógica y ordenada* de modo que puedan establecer relaciones entre lo que ya conocen y la materia nueva que se presenta. Para favorecer este tipo de aprendizaje es positivo también vincular el conocimiento con el contexto sociocultural cercano del alumno, generando interés en la materia.

Impulsar la competencia “aprender a aprender”. Las unidades didácticas están dispuestas en un orden lógico para favorecer el conocimiento de aspectos importantes para el desarrollo de la siguiente. Además, se crea una concordancia también con otras asignaturas, con elementos comunes del currículo, como puede ser en este caso las propiedades del átomo o el concepto de radiactividad visto en Física y Química en cursos anteriores.

Alternancia entre individualización y socialización. El modo de desarrollar la unidad didáctica contempla actuaciones y actividades planteadas para trabajo individual como propuestas para trabajo en grupos reducidos o con la totalidad de la clase. Este procedimiento facilita el desarrollo tanto individual como de trabajo en grupo del alumno, sin crear contraposición entre ellos, ya que han de entenderse como complementarios. Dentro de este principio metodológico se fomenta el *trabajo entre iguales*, la figura “alumno-tutor” entre los propios alumnos, con cambio de roles en diferentes trabajos o actividades.

Motivación del alumno. Es importante mantener nutrido el interés de cada alumno, para ello se impulsa una metodología activa y con un enfoque competencial. El marco constructivista en el que se ha diseñado esta unidad didáctica contempla los distintos niveles de desarrollo y fomenta una metodología cooperativa y adaptada al entorno del alumno.

4.5.2. Metodologías del docente

Con el fin de conseguir llevar a cabo todos los principios metodológicos expuestos en la programación y mencionados anteriormente, el docente se servirá de las siguientes estrategias:

Organización del grupo. Las formas de organización más habituales serán: trabajo con la *totalidad del grupo* (exposiciones del profesor y de los propios alumnos, coloquios, debates), trabajo en *grupos pequeños* (búsqueda de información, trabajos en el taller, elaboración de informes, resolución de problemas) y *trabajo individual* (análisis, búsqueda de información, asimilación, estudio, esquematización).

Diálogos y debates. Las exposiciones del profesor estarán precedidas de un debate entre los alumnos de carácter informal y libre en el que expongan sus conocimientos previos sobre el tema y sus inquietudes. Esto servirá al docente para conocer el nivel de partida y conocer los intereses más extendidos, con el fin de organizar el contenido de forma que sea atrayente y motivador para el estudiante.

Mapas de contenido. La presentación de los contenidos conceptuales y básicos de la unidad se desarrollarán en la pizarra utilizando este recurso. El objetivo es hacer hincapié en la información más relevante para que sirva como punto de partida del alumno en la elaboración de una síntesis final.

Utilización de las TIC. Se fomentará el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación. Se hará uso del aula de informática para la búsqueda de información en grupos reducidos, desarrollando la competencia del sentido de iniciativa, a la vez que se realizarán *exposiciones orales* de trabajos y memorias realizadas a la totalidad de la clase. También se emplearán diferentes simuladores que ayudarán a la asimilación de conceptos por parte de los alumnos, así como a su motivación, por ser un recurso menos extendido y más atrayente para ellos.

4.6. Actividades de enseñanza-aprendizaje

Las actividades o experiencias de enseñanza-aprendizaje que presentamos tienen por finalidad contribuir a la adquisición de los objetivos planteados siguiendo los principios metodológicos expuestos en la programación. Aquí se contempla la necesidad de conocer el nivel de partida de la clase para organizar el proceso de enseñanza-aprendizaje. Por tanto, la primera actividad que se realizará al iniciar la unidad didáctica es una “prueba de nivel”.

Como se ha expuesto con anterioridad en las técnicas o metodología del docente, esta prueba de nivel no se llevará a cabo como un examen, sino creando un debate o diálogo sobre el tema, en el que los alumnos sean capaces de exponer sus conocimientos e interrogantes. Para realizar esta *prueba inicial* se tendrá en cuenta si el contenido ha sido visto previamente en cursos anteriores o es materia nueva. Será tarea del docente encauzar el debate hacia la respuesta de sus interrogantes.

Esta primera actividad servirá para conocer el contexto de la clase, preparar el contenido adecuándose al nivel, así como para preparar actividades de refuerzo y/o ampliación para aquellos alumnos que lo necesiten. Estas actividades de atención a la diversidad se realizarán teniendo en cuenta las características generales del grupo e individuales de cada alumno. Además, se procurará que

los contenidos sean intra e interdisciplinares, es decir, que se podrán repetir a lo largo del curso en distintas unidades didácticas, así como ser de interés y aplicación en otras materias.

Los tipos de actividades que se llevarán a cabo en el desarrollo de la unidad serán las siguientes:

1. Prueba inicial.
2. Actividades de desarrollo.
3. Actividades de repaso.
4. Actividades de refuerzo y/o ampliación.
5. Actividades de evaluación.

No todas las actividades se desarrollarán en el mismo espacio, pudiendo contar en esta asignatura con el aula habitual de clase, el aula de informática y el aula taller.

4.7. Organización de tiempos y espacios

La unidad didáctica se desarrollará en 6 sesiones de 50 minutos cada una. La tipología de las sesiones es variada y sigue una secuencia establecida:

Sesión 1. Síntesis inicial. Conocimiento del punto de partida del grupo.

Sesión 2-4. Desarrollo. Exposiciones teóricas, resolución de ejercicios, búsqueda de información, desarrollo de trabajos, aplicación práctica y síntesis diarias.

Sesión 5. Síntesis final. Repaso de contenido, asimilación de conceptos, valoración de lo aprendido.

Sesión 6. Prueba de evaluación individual. (No es la única actividad de evaluación).

La secuencia anteriormente expuesta tiene un carácter general. En el desarrollo de la unidad, así como de todo el curso, primará la flexibilidad. Será el criterio fundamental para organizar las actividades. En cualquier caso, se podrán introducir cambios que se consideren oportunos para el buen funcionamiento del grupo, estos podrán ser: modificar la duración de las actividades, trasladar una

actividad a otro momento o cualquiera que vaya a significar una adaptación y mejora en el funcionamiento establecido de inicio.

Para el desarrollo de la unidad didáctica se hará uso del aula convencional y el aula de informática.

4.7.1. Desarrollo de la unidad por sesiones

Primera sesión

Tabla 3. Actividades 1ª sesión.

SESIÓN 1 (Aula de informática)		
Actividad	Tipo de actividad	Duración
Test inicial	Individual	20'
Visionado Documental	Grupal	5'
Coloquio/Debate	Grupal	25'

La primera sesión de la unidad se utilizará para conocer el punto de partida de conocimiento de los alumnos respecto al tema, tanto a nivel conceptual como de opinión. Se pretende evaluar si las opiniones positivas o negativas están fundamentadas en un conocimiento científico o de sociedad. Para ello se realizará un cuestionario online a través de la plataforma Moodle. Las preguntas que tendrán que contestar los alumnos son las recogidas en el ANEXO I.

Una vez realizado el test se procederá al visionado de un fragmento del documental "What is nuclear energy?" de National Geographic, con el fin de introducir al alumno en el concepto de obtención de energía a partir de la fisión nuclear. Durante la reproducción del vídeo se pedirá a los alumnos que anoten aquellos conceptos o palabras que no conozcan y que tengan relación con el tema, así como datos que les llamen la atención. La finalidad es recoger en la pizarra todas estas palabras para iniciar un debate grupal que sirva a los alumnos como primera toma de contacto y al profesor para identificar algunos conceptos erróneos que puedan tener los estudiantes.

Segunda sesión

Tabla 4. Actividades 2ª sesión.

SESIÓN 2 (Aula de informática)		
Actividad	Tipo de actividad	Duración
Búsqueda de información	Parejas	20'
Puesta en común	Grupal	20'
Tipos de reactores	Grupal	10'

En la segunda sesión se pretenderá explicar al alumno cuáles son los principales componentes de una central nuclear y cuál es el principio de funcionamiento de esta. Para ello la clase se dividirá en parejas y cada una tendrá que buscar información sobre la función del elemento que le haya tocado dentro de la central nuclear. Estos serán: reactor, generador de vapor o turbina.

El profesor proyectará en la pizarra digital el esquema de una central nuclear con cada uno de los elementos mencionados anteriormente y otros de importancia (ANEXO II). Una vez el trabajo de búsqueda haya finalizado por parte del alumnado, cada pareja tendrá que explicar al resto de la clase cuál es la función de su elemento y por qué es importante dentro de una central nuclear. Con esta actividad se pretende que el alumno sea capaz de entender cuál es el camino hasta obtener la energía y además lo relacione con el funcionamiento de otras centrales térmicas.

Los últimos minutos de la sesión se utilizarán para hacer una introducción a los principales tipos de reactores nucleares que hay y las diferencias entre ellos.

Tercera sesión

Tabla 5. Actividades 3ª sesión.

SESIÓN 3 (Aula de informática)		
Actividad	Tipo de actividad	Duración
Seguridad nuclear	Grupal	15'
Manejo simulador	Parejas	35'

La actividad principal de la tercera sesión será el manejo de un simulador de una central nuclear, sin embargo, previamente el profesor realizará una explicación

de contenido en materia de seguridad nuclear. Es muy importante conocer cuáles son los distintos niveles de precaución que existen en una central para evitar un accidente. De este modo, cuando inicien el simulador, se les planteará una situación de manejo de una central nuclear en la que deberán tener en cuenta todos los factores para la producción ficticia de energía de forma segura.

Para realizar la actividad utilizarán el simulador de una central BWR de la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA) y se les proporcionará un pequeño manual (Anexo III) con las pantallas necesarias para la actividad. Por ser un simulador muy completo, se acotará su uso y se focalizará en el estudio de la potencia del reactor y la presión del generador en relación con el rendimiento de la central. También será objeto de análisis el uso de las barras de control como medida de seguridad y manejo de la central.

La actividad la realizarán en el aula de informática por parejas y tendrán que rellenar el informe que se proporciona (Anexo IV).

Cuarta sesión

Tabla 6. Actividades 4ª sesión.

SESIÓN 4 (Aula convencional)		
Actividad	Tipo de actividad	Duración
Nuclear Vs. Otras fuentes	Grupal	25'
Ejercicios prácticos	Individual	25'

Una de las principales dificultades que se han observado en el estudio del estado de la cuestión para el diseño de esta unidad didáctica es el desconocimiento por parte de los alumnos del funcionamiento e importancia de la energía nuclear. Sin embargo, el conocimiento inicial que tienen sobre otras fuentes de energía convencional o renovables es mayor. Por este motivo, se ha considerado muy beneficioso para los alumnos realizar una comparación entre la energía nuclear y otras fuentes a distintos niveles: capacidad productiva, instalaciones, condiciones necesarias e impacto ambiental.

Esta última sesión de desarrollo de contenido se dividirá en una primera parte teórica y la resolución de unos ejercicios prácticos. En la primera parte el profesor

realizará un mapa de contenido en el que se presentarán las principales características de las instalaciones térmicas de carbón, instalaciones de un parque eólico y una central nuclear. Se pretende que los alumnos sean capaces de identificar las ventajas y desventajas de cada una de las fuentes de energía para tener una visión global del porqué de la existencia de cada una de ellas.

La segunda parte de la clase se dedicará a la resolución de unos ejercicios prácticos que comparan la capacidad energética de una central nuclear frente a otras fuentes de energía. Esta actividad será de carácter individual y se dedicarán los últimos minutos a la resolución de los ejercicios. Los problemas que se entregarán serán los recogidos en el ANEXO V y serán evaluables dentro de los trabajos de clase.

Quinta sesión

Tabla 7. Actividades 5ª sesión.

SESIÓN 5 (Aula convencional)		
Actividad	Tipo de actividad	Duración
Introducción fusión nuclear	Grupal	15'
Síntesis	Individual	35'

La quinta sesión será la penúltima de la unidad didáctica, previa a la prueba de evaluación. Esta sesión será de síntesis final y repaso. Se espera que sean los alumnos quienes tomen las riendas de esta última sesión exponiendo dudas, planteando preguntas o requiriendo una explicación en mayor profundidad sobre algunos de los conceptos desarrollados en los últimos días.

Si los alumnos no exponen dudas ni teóricas ni prácticas, será el profesor quien haga un recorrido por los puntos más importantes del tema, haciendo partícipes a todos los estudiantes, creando interrogantes y resolviendo problemas prácticos en la pizarra.

Antes de comenzar la actividad de síntesis se hará una introducción a la fusión nuclear que, aunque no entre como tal en los contenidos del currículo, se considera de interés para los alumnos ya que está siendo estudiada su viabilidad para convertirse en una nueva fuente de energía limpia y muy productiva.

Algunos de los contenidos que se tratarán respecto a la energía nuclear de fusión serán el plasma y los dos prototipos principales de reactores de fusión; el tokamak y el stellarator. El combustible, en estado de plasma, está confinado mediante la aplicación de campos magnéticos, eléctricos y láseres. Es necesario conseguir en el reactor una temperatura muy elevada que genere una potencia superior a la empleada para conseguir la temperatura del plasma.

Sexta sesión

Tabla 8. Actividades 6ª sesión.

SESIÓN 5 (Aula convencional)		
Actividad	Tipo de actividad	Duración
Prueba de evaluación	Individual	50'

La sexta y última sesión de la unidad didáctica se aprovechará para realizar una prueba escrita en el aula convencional y de carácter individual. La finalidad de esta prueba es comprobar si han adquirido los conocimientos mínimos de la unidad. Se realizarán preguntas de diferente índole. Preguntas teóricas, ejercicios prácticos o se planteará un caso para que se cuestionen y razonen lo aprendido. Se incluirán en la prueba algunas de las cuestiones que ya aparecieron en el test inicial, con el fin de comparar el conocimiento y posición del alumno antes y después de la unidad didáctica.

4.8. Recursos y materiales

Para el desarrollo de la unidad didáctica “Energía Nuclear” se hará uso de los siguientes recursos y materiales:

1. Aula de teoría y aula de informática.
2. Libro de texto.
3. Pizarra digital y tradicional.
4. Apuntes de teoría y mapas conceptuales realizados por el profesor.
5. Calculadora científica.
6. Plataforma Moodle.
7. Simulador Central BWR del IAEA.

4.9. Evaluación

4.9.1. Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje

El referente básico al que atender para determinar *qué* evaluar sobre los aprendizajes de los alumnos lo marcan los criterios de evaluación y los estándares de aprendizaje asociados. La evaluación de la unidad didáctica se realizará atendiendo a estos criterios y a la adquisición de las competencias clave.

La temática recogida en la normativa estatal sobre la asignatura de Tecnología Industrial en 1º de Bachillerato está agrupada en bloques ligados entre sí, con una cronología razonada, pero con contenidos diferenciados. Por ello, en esta unidad didáctica se realizará la evaluación del “Bloque 5. Recursos energéticos”. El desarrollo del bloque 5 se ha realizado en diferentes unidades didácticas en función de las distintas formas de obtención de energía, por lo que la calificación final del bloque será la media de todas las unidades que lo engloben; “Energía nuclear”, “Energías térmica” y “Energías renovables”. Los criterios de evaluación y estándares de aprendizaje recogidos en el Anexo II del Decreto 38/2015, de 22 de mayo, son los siguientes:

Tabla 9. Criterios de Evaluación y Estándares de aprendizaje evaluables del Bloque V.

Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
1. Analizar la importancia que los recursos energéticos tienen en la sociedad actual describiendo las formas de producción de cada una de ellas, así como sus debilidades y fortalezas en el desarrollo de una sociedad sostenible.	1.1. Describe las diferentes formas de producir energía relacionándolas con el coste de producción, el impacto ambiental que produce y la sostenibilidad. 1.2. Dibuja diagramas de bloques de diferentes tipos de centrales de producción de energía explicando cada uno de sus bloques constitutivos y relacionándolos entre sí.
2. Realizar propuestas de reducción de consumo	2.1. Calcula costos de consumo energético de edificios de viviendas o industriales partiendo de

<p>energético para viviendas o locales con la ayuda de programas informáticos y la información de consumo de los mismos.</p>	<p>las necesidades y/o de los consumos de los recursos utilizados.</p> <p>2.2. Elabora planes de reducción de costes de consumo energético para locales o viviendas, identificando aquellos puntos donde el consumo puede ser reducido.</p> <p>2.3. Analiza y explica las ventajas que supone desde el punto de vista del consumo que un edificio esté certificado energéticamente.</p>
--	---

La evaluación del Bloque 5 de contenidos se realizará en dos partes. El 60% de la nota corresponderá al primer criterio de evaluación y el 40% al segundo criterio. La unidad didáctica “Energía nuclear” está diseñada para la evaluación del primer criterio expuesto en el currículo, junto a las otras dos unidades didácticas “Energía Térmica” y “Energías Renovables”, por lo que la propuesta expuesta en este documento tendrá un peso del 20% sobre la nota final del Bloque 5.

4.9.2. Principios y técnicas para evaluar el proceso de aprendizaje

La evaluación se caracteriza por ser un *proceso continuo*, flexible, dinámico y personalizado, con gran capacidad de adaptación. Para un correcto desarrollo de la evaluación, se hará uso de diferentes técnicas e instrumentos que garanticen su calidad.

Como técnica cabe destacar *la observación sistemática del alumno*. Se observará y valorará positivamente la predisposición del alumno sobre el tema, su interés y participación en diferentes actividades (teóricas, resolución de problemas, proyectos en el taller, búsqueda de información, trabajos en grupo, etc.) así como el análisis de tareas y pruebas periódicas que reflejen diferentes tipos de contenidos desarrollados.

Los instrumentos de los que se harán uso para la correcta recogida de información procedente del análisis, serán especialmente las *listas de control* y las *escalas de estimación*. De este modo quedarán registrados no solo los aprendizajes de concepto y procedimiento, sino también el logro de los objetivos actitudinales.

Teniendo en cuenta la importancia de una evaluación continua, el proceso de evaluación se desarrollará en las siguientes fases:

Al comienzo de la unidad didáctica (evaluación inicial). Se llevará a cabo mediante un debate en grupo y un cuestionario inicial.

Durante el desarrollo de la unidad (evaluación formativa). Se desarrollará mediante la realización y entrega de las diferentes actividades realizadas en clase. También se tendrá en cuenta la participación y predisposición del alumno para corregir tarea, exponer en clase, o el buen trabajo en grupo.

Al finalizar la unidad didáctica (evaluación sumativa). Cuando todos los contenidos hayan sido desarrollados y con una sesión de síntesis de lo aprendido previa, se realizará una prueba de control que podrá ser escrita u oral. En este caso se realizará una prueba escrita que podría contener algunos de los puntos tratados en el cuestionario inicial.

4.9.3. Criterios de calificación

Los criterios de corrección de la unidad didáctica están en consonancia con los recogidos en la programación didáctica. Se contempla la existencia de unidades más teóricas que prácticas, y viceversa. En este caso concreto, la unidad que se desarrolla tiene mayor contenido teórico. No tiene presencia en esta unidad la práctica en el taller.

Los criterios que servirán para la calificación de esta unidad son los siguientes:

Tabla 10. Criterios de calificación.

Instrumento de calificación	Porcentaje
Trabajo en grupo y exposición oral	25%
Manejo de simulador	30%
Prueba escrita	40%

4.10. Atención a la diversidad

Las medidas de atención a la diversidad que se desarrollarán a lo largo de la unidad didáctica están sujetas a lo recogido en la programación didáctica. Se hace un pequeño resumen de los puntos a tratar:

Los objetivos propuestos en el planteamiento de la unidad son la base para todos los alumnos del grupo. Sin embargo, pueden aparecer alumnos que muestren un ritmo de aprendizaje superior o inferior al resto de sus compañeros. En este caso se llevarán a cabo una serie de cambios y adaptaciones que mantengan a todos los alumnos conectados con el contenido y no se descuelguen del grupo. Algunas de estas modificaciones pueden ser las siguientes:

1. Variación o modificación de los recursos con los que se presentan los contenidos (haciéndolo más atrayente, conciso, con un tamaño de letra mayor, resumido, más visual).
2. Refuerzo permanente de los logros obtenidos.
3. Otorgar un mayor grado de autonomía mediante la invitación a la búsqueda de aquellos aspectos que sean más interesantes para ellos en relación con los contenidos de la unidad.
4. Refuerzo de técnicas de trabajo que se conviertan en herramientas para aprender de forma más autónoma.
5. Actividades complementarias de refuerzo y/o ampliación.

5. CONCLUSIONES

La energía constituye uno de los núcleos básicos del desarrollo de la sociedad y su estudio y conocimiento en la etapa educativa es clave para entender y explicar otros fenómenos científico-tecnológicos. Es importante fomentar desde la escuela una utilización eficiente y racional de la energía, para lo cual los alumnos han de conocer en detalle cuáles son las diferentes fuentes de energía y poder hacer una comparativa entre ellas.

Una de las fuentes energéticas que la sociedad tiene a su alcance y que aparece en el currículo de Secundaria y Bachillerato es la energía nuclear. La energía

producida en una central nuclear contribuye al mix energético y está presente en nuestro país y en el resto del mundo. Sin embargo, los aspectos relacionados con la radioactividad suelen estar en debate constante debido a los accidentes nucleares y la peligrosidad de los residuos nucleares. El hecho de que la energía nuclear y su uso para la producción de energía eléctrica cree controversia hace que el proceso de enseñanza-aprendizaje de esta materia se vuelva complicado.

En el análisis realizado en este Trabajo Fin de Máster se ha constatado cómo muchos autores han puesto de manifiesto la dificultad del proceso de enseñanza ocasionada por la complejidad de los conceptos de radioactividad y los conceptos previos en materia de energía nuclear. Se reconoce que no es lo mismo enseñar de cero que con una idea previa, por tanto, se ha concluido por unanimidad la importancia de conocer cuáles son los conocimientos de los alumnos para conseguir un aprendizaje significativo.

Partiendo de un análisis puramente teórico, se ha visto la necesidad de plantear una unidad didáctica que contemple esta complejidad y de respuesta a la necesidad de impartir este contenido desde una vertiente científica. Se busca en el alumno una comprensión que genere en él un espíritu crítico y sea capaz de discernir entre los aspectos positivos y negativos de la tecnología.

Esta propuesta didáctica pretende ser un ejemplo de unidad innovadora, eficaz y dinámica para la enseñanza-aprendizaje de la energía nuclear en un grupo de alumnos de 1º de Bachillerato. Se han tenido en cuenta para su diseño todos los aspectos relativos a: conocimientos previos de los alumnos, comparativa entre fuentes energéticas, propuestas motivadoras y posición neutral del docente.

En este Trabajo Fin de Máster únicamente se ha podido realizar el planteamiento teórico de la propuesta, quedando pendiente la ejecución de la propia unidad dentro de un grupo de alumnos. El grado de efectividad de esta se evidenciará cuando se desarrolle la unidad siguiendo todos los puntos que se han tenido en cuenta para su diseño.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Alsop, S. y Watts, M. (1997). Sources from a Somerset village: a model for informal learning about radiation and radioactivity. *Benchmarks for scientific literacy, Project 2061*, 633-650.
- Colombo, L., Salinas, J. y Pesa, M. (1991). La generación autónoma de «conflictos cognoscitivos» para favorecer cambios de paradigma en el aprendizaje de la física. *Enseñanza de las Ciencias*, 9(3), 237-242.
- Corbelle Cao, J. y Domínguez Castiñeiras, J.M. (2015). Estado de la cuestión sobre el aprendizaje y la enseñanza de la radiactividad en la educación secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 33(3), 137-158. DOI: <http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1807>.
- Cuesta, R., Campoy, M. y Barreiro, M. (2019). Concepto de la defensa en profundidad y ejemplo específico de aplicación en las centrales nucleares españolas. [Página web]. Recuperado el 29-07-2020 de: <https://www.revistanuclear.es/hemeroteca/concepto-de-la-defensa-en-profundidad-y-ejemplo-especifico-de-aplicacion-en-las-centrales-nucleares-espanolas/>
- Decreto 38/2015, de 22 de mayo, que establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Cantabria*, BOC núm. 39, de 5 de junio de 2015.
- Delgado, F. (2017). *Partes y componentes básicos de una central nuclear*. [Material docente inédito]. Recuperado del sitio web de Universidad de Cantabria, Aula Virtual, Moodle.
- De Posada, J.M. y Prieto Ruz, T. (1990). Exploraciones gráficas de ideas extraescolares de los alumnos sobre radiactividad. *Enseñanzas de las Ciencias*, 8(2), 127-130.
- Doménech, J.L., Gil, D., Gras, A., Guisasola, J., Martínez-Torregrosa, J., Salinas, J., (...) y Valdés, P. (2003). La enseñanza de la energía: una propuesta de debate para un replanteamiento global. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 20(3), 285-310.

- Esteban Santos, S. y Pérez-Esteban, J. (2012). Estudiando el fenómeno de la radiactividad a través de noticias de prensa: el caso del espía ruso envenenado. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(2), 294-306.
- García-Carmona, A y Criado, A.M. (2008). Enfoque CTS en la enseñanza de la energía nuclear: análisis de su tratamiento en textos de física y química de la ESO. *Enseñanza de las ciencias*, 26(1), 107-124.
- García-Carmona, A y Criado, A.M. (2009). La competencia social y ciudadana desde la educación científica: una experiencia en torno a la energía nuclear. *Investigación en la escuela*, 2, 25-38. DOI: <http://dx.doi.org/1.12795/IE.2010.i71.03>.
- Gutiérrez, E.E., Capuano, V.C., Perrotta, M.T., de la Fuente, A.M. y Follari, B.R. (2000). ¿Qué piensan los jóvenes sobre radiactividad, estructura atómica y energía nuclear? *Enseñanza de las ciencias*, 18(2), 247-254.
- Hobson, A. (2003). Physics literacy, energy and the environment. *Physics Education*, 38, 109-114.
- Informe del Sistema Eléctrico Español 2019 (2020). Red Eléctrica de España. [Página web]. Recuperado el 28-07-2020 de https://www.ree.es/sites/default/files/11_PUBLICACIONES/Documentos/InformesSistemaElectrico/2019/inf_sis_elec_ree_2019_v2.pdf
- International Atomic Energy Agency (2019). *Nuclear power reactors in the world*.
- Lamarsh, J.R. y Baratta A.J. (2001). *Introduction to Nuclear Engineering* (3ª ed.). Nueva Jersey: Prentice Hall.
- Lavín Puente, C. y Mínguez San José, R. (2017). Diseño de actividades en el aprendizaje de la radiactividad en bachillerato. *Revista pedagógica Universidad de Valladolid*, 30, 159-182: DOI: <https://doi.org/10.24197/trp.30.2017.159-182>.

Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa, BOE núm. 295, de 10 de diciembre de 2013.

Maharaj-Sharma, R. (2011). A comparative study of the impact of students' feelings regarding the use of nuclear energy. *Science Education International*, 22(1), 18-30.

Mier Maza, J.A. (2017). *La fusión como alternativa energética*. [Material docente inédito]. Recuperado del sitio web de Universidad de Cantabria, Aula Virtual, Moodle.

Mínguez, E. (2015). *El futuro de la energía nuclear hacia 2020*.

Pilakouta, M. (2011). TEI Piraeus students' knowledge on the beneficial applications of nuclear physics: Nuclear energy, radioactivity – consequences. *Phys Education*, 87(2), 33-40.

Pliego, O., Contini, L., Odetti, H., Güemes, R., Tiburzi, M.C. (2004). Las actitudes de los estudiantes universitarios hacia el fenómeno radiactivo, la energía nuclear y sus aplicaciones. *Educación Química*, 15(2), 142-148.

Raviolo, A., Siracusa, P. y Herbel, M. (1997). Cambio de actitudes hacia la energía nuclear: experiencia en la formación de maestros. *Educación en Ciencias. Revista de la Universidad Nacional del General San Martín*, 1(3), 24-31.

Raviolo, A., Siracusa, P. y Herbel, M. (2000). Desarrollo de actitudes hacia el cuidado de la energía: experiencia en la formación de maestros. *Enseñanza de las ciencias*, 18(1), 79-86.

Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato, BOE núm. 3, de 3 de enero de 2015.

Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H., y Hemmo, V. (2007). Science education now: a renewed pedagogy for the future of Europe. *Brussels: Directorate General for Research, Science, Economy and Society*.

Sánchez del Río, C. (2004). La aversión a la energía nuclear. *Boletín informativo del Instituto de España*, 1, 7-8.

Schneider, M. y Froggatt, A. (2019). The World Nuclear Industry. Status report 2019. [Página web]. Recuperado el 04-08-2020 de <https://www.worldnuclearreport.org/IMG/pdf/wnisr2019-v2-hr>

7. ANEXOS

7.1. Anexo I

Prueba inicial de contenido

1. La fisión nuclear se lleva a cabo con...
 - a. Uranio 235
 - b. Hidrógeno y helio
 - c. Uranio 238
 - d. Cesio

2. Une cada isótopo con su porcentaje.

<ul style="list-style-type: none">• Uranio 235• Uranio 234• Uranio 238	<ul style="list-style-type: none">• 0,71 %• 99,28 %• 0,01 %
--	---

3. En la fisión nuclear se produce una transformación de energía x en energía y .
 - a. (x) mecánica (y) térmica
 - b. (x) térmica (y) eléctrica
 - c. (x) cinética (y) eléctrica
 - d. (x) mecánica (y) térmica

4. ¿Crees necesaria la producción de energía mediante fisión nuclear?
Justifica tu respuesta.
 - a. Sí.
 - b. No.

_____.

_____.

_____.

5. ¿Cuál es el tipo de reactor más utilizado en una central nuclear?
 - a. PWR
 - b. Candu
 - c. GCR
 - d. BWR

6. ¿Se utiliza la fusión nuclear para producir energía eléctrica?

a. Sí. ¿Cómo?

b. No. ¿Por qué?

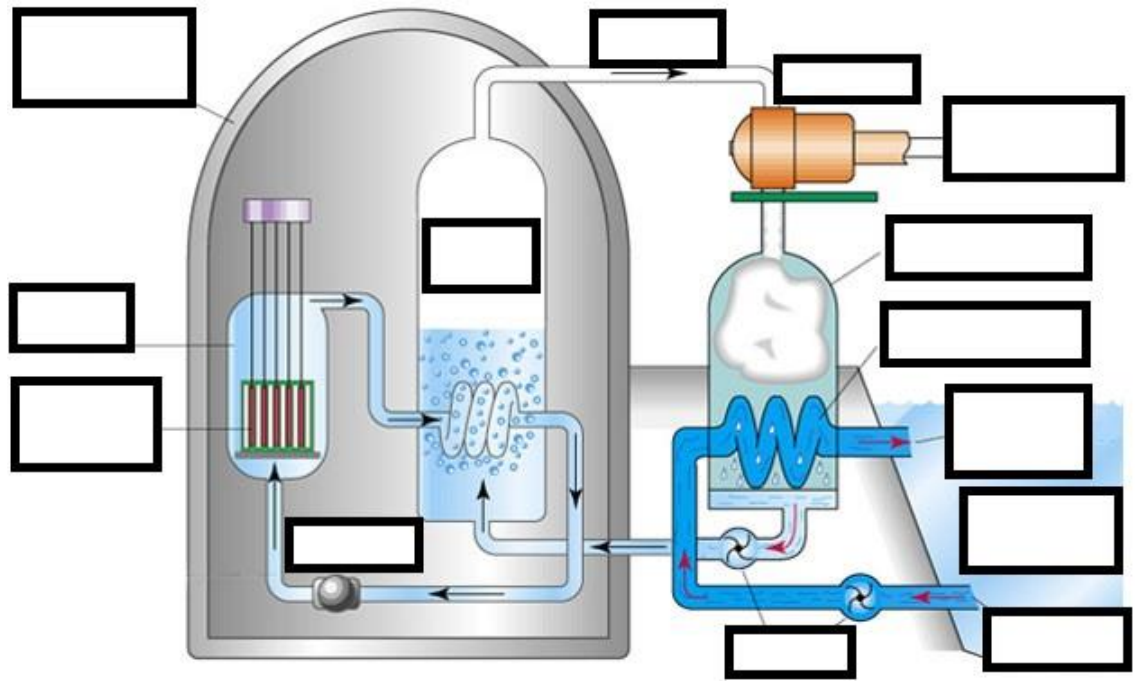
7. La energía nuclear es un tema que genera controversia en la sociedad.
¿Cuál es tu posición acerca de esta fuente energética? ¿A favor o en
contra? Justifica tu respuesta.

a. A favor.

b. En contra

7.2. Anexo II

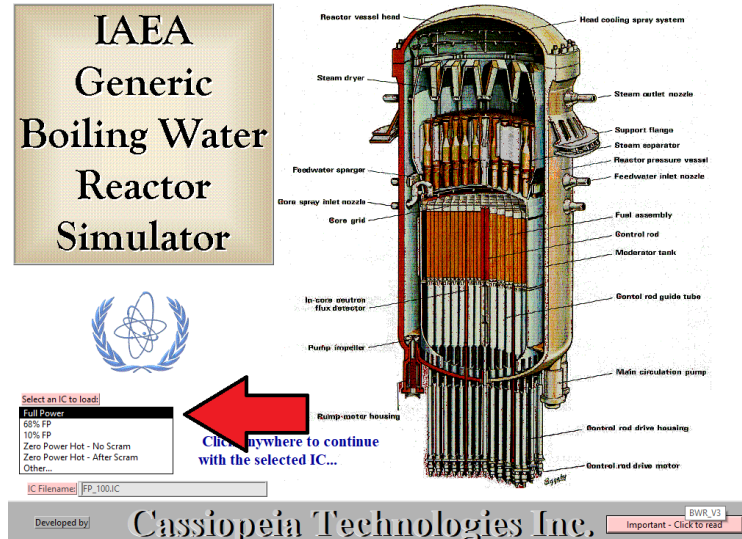
Esquema de una central nuclear



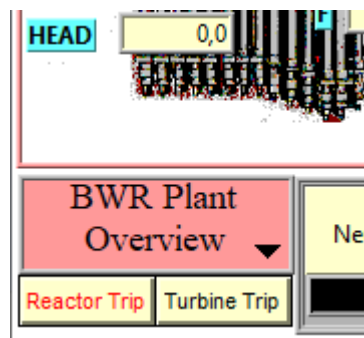
7.3. Anexo III

Manejo del simulador: pasos para realizar la práctica

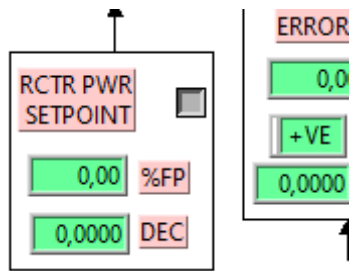
1. Ejecutar el simulador a potencia nominal (100% FP)



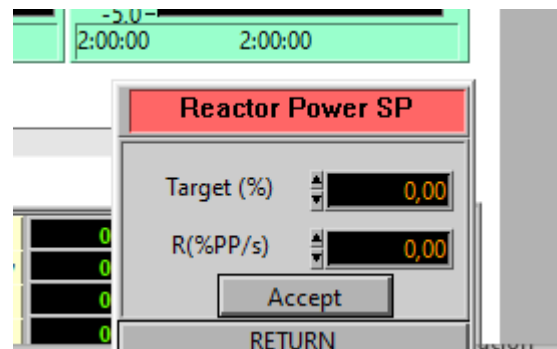
2. Rellenar los datos de la tabla correspondientes al trabajo del reactor al 100%. Para ello hay que cambiar a las distintas pantallas del simulador: “BWR Plant Overview”, “Power/Flow Map & Controls” y “BWR Reactivity & Setpoints”. Desde este desplegable se encuentran las pantallas necesarias.



3. Reducción de la potencia nominal en un 20%. Para ello, desde la pantalla “BWR Reactivity & Setpoints”, se presiona el botón RCTR PWR SETPOIN



y se disminuye el target al 80% con una velocidad del 1%.



4. Rellenar los datos de la tabla correspondientes al trabajo del reactor al 80% de potencia.
5. Repetir el mismo proceso de cambio de potencia, en este caso incrementando la potencia a un 90%.
6. Rellenar los datos de la tabla correspondientes al trabajo del reactor al 90% de potencia.
7. Realizar una comparación de los datos obtenidos a las diferentes potencias y sacar unas conclusiones.

7.4. Anexo IV

Práctica manejo simulador BWR

Parámetro	100%	80%	90%	Comentarios (*)
Potencia térmica del reactor (%)				
Flujo másico por el núcleo del reactor (Kg/s)				
Temperatura del refrigerante (°C)				
Presión del refrigerante en la salida del núcleo (kPa)				
Calidad del refrigerante en la salida del núcleo (%)				
Temperatura del combustible (°C)				
Nivel de agua en el reactor (m)				
Presión de vapor en la tapa el reactor (kPa)				
Posición promedio de las barras de control (%)				
Reactividad de las barras de control (MK)				
Reactividad de vacío (MK)				
Altura de las RIPs (kPa)				
Velocidad de las RIPs (r.p.m.)				
Flujo de vapor del reactor (Kg/s)				
Apertura de la válvula de gobierno de la turbina (%)				
Apertura de la válvula de by-pass de la turbina (%)				
Flujo de agua de alimentación (Kg/s)				
Temperatura del agua de alimentación (°C)				
Potencia Turbina-Generador (MW)				

7.5. Anexo V

Resolución de ejercicios

1. En una reacción nuclear de fisión se produce una pérdida de masa de $5 \cdot 10^{-9}$ g. Calcula los kW·h que se producen.
2. La velocidad de fisión en un reactor con las barras de control introducidas al 30% es de $5,5 \cdot 10^5$ reacciones por minuto. ¿Cuál será la potencia de trabajo del reactor en ese momento?
3. ¿Cuántas toneladas de carbón serían necesarias quemar para obtener la misma cantidad de energía que produce un reactor nuclear por una pérdida de masa de medio kilogramo?

Datos: poder calorífico del carbón, 8.000 kcal/kg

4. Una caldera con un rendimiento del 40% calienta diariamente 3.500 litros desde una temperatura de 18°C hasta conseguir 45°C. Determina cuál sería la cantidad diaria necesaria de los siguientes combustibles para proporcionar este calor: gasóleo, antracita y uranio.

Datos: poder calorífico del gasóleo, 10.300 kcal/kg. Poder calorífico de la antracita, 8.000 kcal/kg. Poder calorífico del uranio, $2,15 \cdot 10^{10}$ kcal/g.