



UNA APROXIMACIÓN A LA COMPLEJA REALIDAD DE LA ENERGÍA NUCLEAR Y SU INCIDENCIA EN EL MEDIO AMBIENTE. DE UNA VISIÓN GLOBAL A LA REALIDAD DE ESPAÑA

Carlos ARCALÁ ARIAS
Universidad Camilo José Cela
arlosvk96@hotmail.es

Recibido: 7 de febrero del 2023
Enviado a evaluar: 10 de febrero del 2023
Aceptado: 22 de diciembre del 2023

RESUMEN

El surgimiento de la energía atómica o nuclear a principios del siglo XIX después de siglos de investigación trajo consigo un gran debate mundial, entre los partidarios de su uso pacífico, por todos aquellos beneficios que se pueden obtener de ella y sus bajas posibilidades de catástrofe y los contrarios a su uso, por todas las consecuencias que pueden surgir, ya sea por su uso pacífico a través de las centrales nucleares como de la posibilidad del uso de tal tecnología con fines militares. Este trabajo tratará de hacer una investigación sobre el surgimiento de tal tecnología, tratar de dividir entre las ventajas y las desventajas que tiene el uso de la energía nuclear, explicar la aplicación de la misma en nuestros tiempos (como energía limpia y renovable), de explicar "grosso modo" el funcionamiento de las centrales nucleares y de la energía nuclear; además de detallar todos aquellos accidentes nucleares que ha habido, el cumplimiento o no de los objetivos de desarrollo sostenible mediante su uso, la legislación española sobre tal energía, su uso a nivel mundial en la actualidad.

Palabras clave: Central nuclear, energía limpia, energía nuclear, energía renovable, objetivos de desarrollo sostenible.

AN APPROACH TO THE COMPLEX REALITY OF NUCLEAR ENERGY AND ITS IMPACT ON THE ENVIRONMENT. FROM A GLOBAL VISION TO THE REALITY OF SPAIN

ABSTRACT

The emergence of atomic or nuclear energy at the beginning of the 19th century after centuries of research brought about a great world debate, between those in favor of its peaceful use, for all those benefits that can be obtained from it and its low possibilities of catastrophe and those against its use, for all the consequences that can arise, either for its peaceful use through nuclear power plants or for the

possibility of the use of such technology for military purposes. This work will try to make a research on the emergence of such technology, try to divide between the advantages and disadvantages of the use of nuclear energy, explain the application of it in our times (as clean and renewable energy), to explain "grosso modo" the operation of nuclear power plants and nuclear energy; in addition to detailing all those nuclear accidents that have occurred, the fulfillment or not of the objectives of sustainable development through its use, the Spanish legislation on such energy, its use worldwide at present.

Keywords: Nuclear power plant, clean energy, nuclear power, nuclear energy, renewable energy, sustainable development goals.

UNE APPROCHE DE LA RÉALITÉ COMPLEXE DE L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE ET SON IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT. D'UNE VISION GLOBALE À LA RÉALITÉ DE L'ESPAGNE

RÉSUMÉ

L'émergence de l'énergie atomique ou nucléaire au début du XIXe siècle, après des siècles de recherche, a suscité un grand débat mondial parmi les partisans de son utilisation pacifique, en raison de tous les bénéfices qu'on peut en tirer et de ses faibles possibilités de catastrophe. et ceux qui s'opposent à son utilisation, en raison de toutes les conséquences qui peuvent en découler, qu'il s'agisse de son utilisation pacifique à travers des centrales nucléaires ou de la possibilité d'utiliser cette technologie à des fins militaires. Ce travail tentera de faire une enquête sur l'émergence d'une telle technologie, tentera de diviser les avantages et les inconvénients de l'utilisation de l'énergie nucléaire, expliquera son application à notre époque (en tant qu'énergie propre et renouvelable), expliquera « grossièrement » le fonctionnement des centrales nucléaires et de l'énergie nucléaire; en plus de détailler tous les accidents nucléaires survenus, la réalisation ou non des objectifs de développement durable à travers son utilisation, la législation espagnole sur cette énergie, son utilisation dans le monde aujourd'hui.

Mots-clés: Centrale nucléaire, énergie propre, énergie nucléaire, énergie nucléaire, énergie renouvelable, objectifs de développement durable.

1. INTRODUCCIÓN

La actual situación de guerra entre Ucrania y Rusia ha provocado una crisis de los sectores energéticos que ha conllevado una subida de precio de la energía en la Unión Europea (UE), la cual es dependiente en una grandísima parte del petróleo y del gas ruso proveniente de Rusia y que, las sanciones impuestas por la UE han repercutido directamente en el precio de todas estas fuentes de energía. Entre los países que más dependen del gas ruso se encuentran por ejemplo Letonia o la República Checa, que dependen de un 100% del suministro del gas procedente de Rusia, Hungría con un 95 %, Eslovaquia con un 85%, Alemania, Polonia e Italia con más de un 40 %, etc... En España esto no es así, puesto que la mayor parte del gas importado procede de Argelia y de Estados Unidos, mientras que hubo una dependencia de un 9% del gas ruso en el año 2021.

Es por ello por lo que ya han surgido diferentes opiniones e incluso nuevos países que se han decidido por buscar fuentes de energía alternativas a las provenientes de Rusia, cesando así la total dependencia energética. Entre las soluciones que se han barajado, destaca la apuesta hacia la energía nuclear, en países como Francia, Alemania o Japón, pero sin olvidar claramente, los posibles riesgos que surgen por la consecución de la energía a través del combustible nuclear. Es por ello por lo que muchos países han olvidado totalmente la energía nuclear y han apostado por otro tipo de energías, como la hidráulica, eólica o solar.

2. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

Los niveles de contaminación que suponen ciertas energías fósiles (como el carbón) o la poca eficiencia de determinadas energías renovables (como la solar), sumado además y sobre todo a la actual guerra entre Ucrania y Rusia ha supuesto que los países dependientes del gas de Rusia deban encontrar nuevas formas de energía. Por todo ello, creo que es más que justificable la presente investigación sobre la energía nuclear, la cual está dirigida a esclarecer el funcionamiento de tal energía, puesta en duda desde su descubrimiento hasta la actualidad, por la gran cantidad de beneficios que supone la producción de la energía nuclear (como puede ser la posibilidad de haber encontrado energía ilimitada), pero también, por todos aquellos inconvenientes que supone o puede llegar a suponer, la producción de la misma (como el riesgo de accidente nuclear, con todas aquellas consecuencias que puede haber).

3. EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA ENERGÍA NUCLEAR. PRECEDENTES Y CREACIÓN

3.1. COMIENZOS DE LA TEORÍA ATOMISTA

Para poder comenzar a hablar sobre energía nuclear, debemos irnos hasta el siglo V antes de Cristo para encontrarnos con la primera teoría atomista. Por aquel entonces, un grupo de filósofos griegos conformado por Demócrito, Leucipo y Epicuro llegaron a la conclusión por la cual consideraban que "toda la materia estaba formada por muchas partículas pequeñas e indivisibles que llamó átomos"¹, teoría que confrontaba con las teorías de los filósofos Platón y Aristóteles, que pensaban que "era posible dividir la materia en pedazos cada vez más pequeños, (...) que la materia era infinitamente divisible"².

3.2. EVOLUCIÓN HASTA EL SIGLO XIX

La teoría descrita por Platón y Aristóteles fue la que se impuso a la de Demócrito hasta principios del siglo XIX, momento donde hubo un punto de inflexión en los estudios sobre la química, naciendo en ese momento la química moderna. En el año 1808 el científico inglés John Dalton tras varios años de estudio publicó su teoría atómica, en donde se llega a la conclusión en que todo elemento químico está formado por los átomos. Dicha teoría, aunque correcta en algunos aspectos, también era errónea en otros, como

¹ La teoría atómica de Dalton. (s. f.). Laboratorio químico. <https://www.tplaboratorioquimico.com/quimica-general/teoria-atomica/la-teoria-atomica-de-dalton.html>

² Isasi Marín, J. (2017). Química general: ensayos virtuales. Madrid, Dextra Editorial. P.22

por ejemplo, en que “la partícula más pequeña conocida no es un átomo”³ o lo que más interesa para la realización de este trabajo, que “los átomos se pueden descomponer como resultado de reacciones nucleares”⁴.

3.3. DESCUBRIMIENTO DE LA RADIOACTIVIDAD

Llegados al año 1896 encontramos otro hito para el descubrimiento de la energía nuclear. En dicho año fue descubierta la radioactividad por el científico francés Henri Becquerel de forma totalmente involuntaria. Al encontrarse estudiando las propiedades fluorescentes de un mineral de uranio llamado pechblenda descubrió que dicho mineral “emitía radiación de alta energía de forma espontánea y que esta radiación no se desviaba en presencia de un imán”⁵. Así, descubrió que el uranio (aunque también se vería posteriormente que otros elementos tienen dicha capacidad) podía emitir radiación. “Esta propiedad del uranio (...) de emitir radiaciones, sin ser excitado previamente, recibió el nombre de radioactividad”⁶. El uranio en la actualidad tiene una grandísima importancia en la energía nuclear, puesto que el combustible de las centrales nucleares se basa en la utilización del uranio para la producción de energía.

3.4. EL HALLAZGO DE LA RADIOACTIVIDAD ARTIFICIAL

En la misma época, los físicos Marie Curie y Pierre Curie realizaron todo tipo de investigaciones y de experimentos llegando a descubrir 2 elementos químicos, el polonio (el cual puede llegar a ser una fuente de neutrones) y más importante el radio, el cual puede ser utilizado de igual manera que el polonio (para ser fuente de protones) pero también para otras funciones, como el uso medicinal, ya que a través del radio se puede producir radón, usado para el tratamiento contra el cáncer a través de la radioterapia (la cual es una forma de radioactividad).

En el año 1900, “el físico alemán Max Planck formuló que la energía es emitida en pequeñas unidades individuales conocidas como cuanto (...) Los descubrimientos de Planck representaron el nacimiento de un nuevo campo para la física, conocido como mecánica cuántica y proporcionaron las bases para la investigación en campos como el de la energía nuclear”⁷. Otros descubrimientos e investigaciones importantes para la consecución de la energía nuclear fueron la conocida teoría de la relatividad de Albert Einstein ($E=mc^2$), el modelo atómico de Bohr, para el cual “los electrones giraban en órbitas estacionarias desde las que no se emitía ninguna radiación, enterrándose así el viejo concepto del átomo como algo indivisible, inerte y simple, y apareciendo la hipótesis de una estructura compleja”⁸.

³ Planas, O. (2021, 22 abril). Modelo atómico de Dalton: Postulados y limitaciones. Energía Nuclear. <https://energia-nuclear.net/que-es-la-energia-nuclear/atomo/modelos-atomicos/modelo-atmico-de-dalton#:~:text=Seg%C3%BAn%20la%20teor%C3%ADa%20at%C3%B3mica%20de,elementos%20en%20una%20proporci%C3%B3n%20simple>

⁴ Planas, O. (2021, 22 abril). Modelo atómico de ..., *op. cit.*

⁵ Isasi Marín, J. (2017). Química general: ensayos ..., *op. cit.* P. 30

⁶ ¿Qué es la radioactividad? (2020, 1 junio). Foro Nuclear. [https://www.foronuclear.org/descubre-la-energia-nuclear/preguntas-y-respuestas/sobre-proteccion-radiologica-y-radiacion/que-es-la-radioactividad/#:~:text=\(radioactividad%20artificial\).-](https://www.foronuclear.org/descubre-la-energia-nuclear/preguntas-y-respuestas/sobre-proteccion-radiologica-y-radiacion/que-es-la-radioactividad/#:~:text=(radioactividad%20artificial).-)

⁷ Champin, G. (s. f.). Historia de la energía nuclear | IPR / Instituto de Protección Radiológica e Ingeniería en Prevención de Riesgos de <https://www.iprlda.cl/noticias/historia-de-la-energia-nuclear/>

⁸ Champin, G. (s. f.). Historia de la energía nuclear ... , *op.cit.*

3.5. EL DESCUBRIMIENTO DE LA ENERGÍA NUCLEAR

En el año 1932 el físico inglés James Chadwick descubrió que, junto a los electrones y los protones, se encontraba también los neutrones, cuya carga eléctrica era neutra. Con ello "Chadwick consiguió un "proyectil" de características ideales para provocar reacciones nucleares"⁹.

Dos años más tarde, en 1934, el matrimonio conformado por Irene Curie y por Frédéric Joliot, construyeron elementos radiactivos a través de algunos elementos químicos, dando con un hito para la química descubriendo la radioactividad artificial, dejando de lado así la idea la cual se pensaba que la radioactividad solo podía conseguirse de manera natural.

Pasados los años, en 1938 el físico Enrico Fermi, basándose y utilizando los experimentos realizados años antes por Irene Curie y por Frédéric Joliot por el cual se descubrió los ya mencionados anteriormente neutrones, los utilizó en forma de proyectiles contra núcleos de átomos, con la idea de que dichos núcleos podían absorber los neutrones, dando con un elemento más pesado y obteniendo un elemento radioactivo. "De ese modo, Fermi pensaba llegar a obtener átomos más grandes que el uranio –los llamados transuránicos–, inexistentes en la naturaleza y radiactivos"¹⁰. Lo que realmente ocurrió en dicho experimento y era algo que Fermi no había tenido en cuenta es que dichos átomos no habían absorbido los neutrones, sino justo lo contrario, el núcleo de uranio se había roto. Dicha revelación no fue producida por Fermi, sino por los físicos Otto Hahn, Fritz Strassmann y Lise Meitner, los cuales también estaban interesados en la interacción entre los núcleos de uranio y los neutrones. "A finales de 1938, Meitner abandonó Berlín debido al amenazante nubarrón del nazismo, pero se llevó consigo la información obtenida en el laboratorio de Berlín"¹¹. Mientras tanto, Hahn y Strassmann entre sus investigaciones encontraron que al realizar los experimentos entre uranio y los neutrones se había encontrado un elemento más ligero que el uranio, el bario. Al escribirle y explicarle tal suceso a Meitner esta les contestó que realmente lo ocurrido fue que el núcleo de uranio se había partido. Al realizar tal acción (bombardear el uranio con neutrones), el uranio se dividía en dos fragmentos, liberando en tal momento una gran cantidad de energía.

3.6. EL PROYECTO MANHATTAN

Así nos encontramos por primera vez con una forma de energía nuclear, la denominada por Otto Frisch fisión nuclear, una de las 2 formas existentes para conseguir energía nuclear.

Entre el año 1933 y el 1939, es decir, entre el ascenso al poder de Alemania por parte de Adolf Hitler y el comienzo de la II Guerra Mundial, muchos científicos judíos tuvieron que huir de Alemania con destino Estados Unidos. Entre tales científicos se encontraban nombres como Albert Einstein o Edward Teller. De igual forma, una gran cantidad de científicos también tuvieron que huir de Italia con el mismo destino, tras el ascenso al poder de

⁹ Champin, G. (s. f.). Historia de la energía nuclear ... , op.cit.

¹⁰ Núñez, R. (2018, 23 noviembre). 1938: se descubre la fisión nuclear. MuyInteresante.es. <https://www.muyinteresante.es/revista-muy/noticias-muy/articulo/1938-se-descubre-la-fision-nuclear-201542887990>

¹¹ Hays Miller, P., Krieger, K., N. Lewis, M., Pasternack, S., Goodman, B., Meyerhof, W., Serin, B., & H. Vought, R. (1948). Nuclear fission and atomic energy (W. E. Stephens, Ed.). The Science Press. University of Michigan Libraries. P.3

Benito Mussolini, dictador y aliado de Adolf Hitler. Entre esos científicos, se encuentra el anteriormente mencionado Enrico Fermi.

Una gran cantidad de científicos estaban seguros del peligro que supondría una supuesta victoria de la Alemania nazi sumándole a ello la certeza sobre que los nazis ya estaban trabajando en un programa nuclear propio. Por ello, en el año 1939 Albert Einstein convencido por el físico húngaro Leo Szilard, envió una carta al Presidente de Estados 7

Unidos Franklin Roosevelt, con la intención de convencerle para conseguir investigar con más profundidad la energía nuclear. Su finalidad, conseguir la bomba nuclear o atómica antes que lo consiguiera la Alemania nazi.

Dos años después de la lectura de la carta, finalmente el presidente Roosevelt dio comienzo al Proyecto Manhattan, mediante la confirmación y autorización para desarrollar la bomba atómica, "que posteriormente se aceleraría de forma sustancial con la entrada de EE. UU. en la Segunda Guerra Mundial, hecho que ocurrió el 7 de diciembre de 1941, con el ataque de los japoneses a la costa hawaiana de Pearl Harbor"¹².

De esta forma, en 1942 Enrico Fermi "logró en la Universidad de Chicago, la primera reacción controlada de fisión en cadena (...). La experiencia la realizó utilizando una pila de "squash", siendo la primera "pila atómica" del mundo, modelo a partir del cual se ha ido perfeccionando toda una tecnología de "centrales nucleares", en las que se convierte la energía nuclear en eléctrica"¹³. Ya en diciembre de dicho año y tras haber conseguido la reacción controlada de fisión en cadena, desmontaron tal pila experimental y construyeron el primer reactor nuclear de la historia, el denominado Chicago Pile-1.

El Proyecto Manhattan vio su fin el 16 de julio de 1945 cuando se realizó la primera prueba de bomba atómica de la historia, en el desierto de Nuevo México. Pasadas únicamente 3 semanas de dicha prueba, las bombas Little Boy y Fat Man fueron lanzadas en las ciudades de Hiroshima y Nagasaki respectivamente, trayendo la rendición de Japón y la finalización de la Segunda Guerra Mundial, siendo la única vez que se ha utilizado armamento nuclear en la historia. La caída de las bombas trajo consigo el fallecimiento de unas 250000 personas, donde no todas murieron directamente por la explosión de las bombas, sino que también se puede atribuir a un gran porcentaje de fallecidos a envenenamiento por radiación, que conllevó al desarrollo de enfermedades como cáncer o leucemia.

3.7. LA ENERGÍA NUCLEAR Y LOS TRATADOS INTERNACIONALES

Tras la finalización de la 2ª Guerra Mundial, los países que formaban parte de las Naciones Unidas llegaron a la conclusión de que había que limitar e incluso impedir la posesión de las armas nucleares en el supuesto de que llegaran a las manos equivocadas. Tras varios intentos de firmar un tratado por las discrepancias en mayor parte entre Estados Unidos y la Unión Soviética, finalmente en 1968 se firmó el Tratado de No Proliferación

¹² Guerrero Giampaglia, M, Vega Hernández, V., El proyecto Manhattan. Tecnología nuclear. P. 3. Recuperado de <http://laplace.us.es/wiki/images/1/10/Trabajo26m.pdf>

¹³ Villar García, E. (2020). Breve Historia de la Física: sus artifices. Editorial de la Universidad de Cantabria. Santander. P. 554

de Armas Nucleares (TNP), donde una gran cantidad de países lo suscribieron.

En tal tratado, se impusieron tales límites a la posesión de las armas nucleares, tal como se establece en el Tratado: "considerando las devastaciones que una guerra nuclear infligiría a la humanidad entera y la consiguiente necesidad de hacer todo lo posible por evitar el peligro de semejante guerra y de adoptar medidas para salvaguardar la seguridad de los pueblos"¹⁴. De igual forma, en el mismo Tratado se entiende que la energía y tecnología nuclear puede llegar a ser beneficioso para el desarrollo de los países y pueblos, siempre y cuando se utilice de forma pacífica.

3.8. DESARROLLO DE LAS CENTRALES NUCLEARES EN EL MUNDO

Este tratado no incluye entre sus prohibiciones las centrales nucleares, puesto que el material utilizado para la producción de energía eléctrica a través de energía nuclear no tendría prácticamente ningún peligro, ya que el plutonio usado no estallaría o lo haría sin ningún tipo de consecuencia.

Las primeras centrales nucleares surgieron en los años 50 en Europa, más concretamente en Gran Bretaña en 1956 sobre el Mar de Irlanda y funcionó hasta el año 2003. En el año 1957 se creó la Agencia Internacional de Energía Atómica, que surgió "como respuesta a los profundos temores y las expectativas que infundían los descubrimientos y variados usos de la tecnología nuclear"¹⁵. Posteriormente a esto, en los años 60 se lanzó en Estados Unidos "el primer programa nuclear destinado a la generación de electricidad, sirviendo de ejemplo para que otros países industrializados elaboraran sus propios programas de construcción y explotación de centrales nucleares. El principal motor del desarrollo de esta fuente energética fue la estabilidad económica, el fuerte crecimiento de la demanda eléctrica y las prometedoras expectativas económicas"¹⁶.

3.9. ACCIDENTES NUCLEARES

A partir de los años 70 más países como Canadá, Japón o Italia impulsaron la producción de energía a través de la energía nuclear a causa de la crisis del petróleo y parecía que esta energía sería la fuente elegida para la consecución de electricidad. Todo esto cambió a partir del accidente de la central nuclear de Chernóbil en 1986, afectando a más de 50000 personas y a un área contaminada de más de 150000 kilómetros cuadrados y una altura de más de 1000 metros. Es por ello, que diferentes países del mundo como Italia a partir de ese año, decidieron cerrar sus reactores nucleares.

Una de las mayores desventajas que existe respecto a la energía nuclear, junto con la gestión de los residuos radioactivos que posteriormente se estudiará, es claramente la posibilidad de que exista accidentes nucleares.

¹⁴ Tratado sobre la no proliferación de las armas nucleares. 1 de julio de 1968.

¹⁵ Historia | OIEA. (s. f.). Organismo Internacional de la Energía Atómica. <https://www.iaea.org/es/el-oiea/historia>

¹⁶ Los orígenes de la energía nuclear | Naturgy. (2021, 29 septiembre). Naturgy. [https://www.naturgy.es/negocios_y_autonomos/fnt_negocios_y_autonomos/blog/entradas/historia_energia_nuclear#:~:text=La%20energ%C3%ADa%20nuclear%20es%20la,dos%20n%C3%BAcleos\)%20las%20m%C3%A1s%20habituales.](https://www.naturgy.es/negocios_y_autonomos/fnt_negocios_y_autonomos/blog/entradas/historia_energia_nuclear#:~:text=La%20energ%C3%ADa%20nuclear%20es%20la,dos%20n%C3%BAcleos)%20las%20m%C3%A1s%20habituales.)

Se considera accidente nuclear toda aquella “emisión involuntaria y accidental de materiales radiactivos o un nivel de radiactividad susceptible de perjudicar la salud pública”¹⁷.

Los accidentes nucleares pueden ser de diferentes tipos y en diferentes lugares. En cuanto a lugares, puede ocurrir ya sea en la central nuclear, en instalaciones como hospitales o laboratorios que usan energía nuclear o en el momento de ensayar con armas nucleares. En cuanto al tipo, según la gravedad del mismo, puede ser accidente nuclear (los más graves) o incidente nuclear (los menos graves respecto al daño a la población y al medio ambiente).

Para medir la gravedad del accidente o incidente, se ha creado una escala, la denominada Escala Internacional de Eventos Nucleares, incluida en la IAEA. En dicha escala, hay 7 niveles de gravedad, en donde pasar de un nivel a otro, significa que el nivel de gravedad es 10 veces mayor.

Además del accidente nuclear de Chernóbil mencionado anteriormente (el considerado más grave que ha habido hasta ahora), ha habido otros accidentes que pusieron en grave riesgo a los habitantes de la zona, como fueron el de Fukushima, Kyshtym o Goiana, entre otros.

A parte del mencionado uso de la energía nuclear para fines energéticos (construcción de plantas nucleares) y bélicos (fabricación de bombas nucleares), la energía nuclear está destinada y es usada para otros fines más pacíficos, como son para el control de plagas, conservación de alimentos, terapias contra el cáncer, etc...

4. FUNCIONAMIENTO DE LA ENERGÍA NUCLEAR

La energía nuclear es aquella encontrada en el núcleo de un átomo. En primer lugar, hay que saber qué es realmente un átomo. Un átomo es la partícula más pequeña en donde, manteniendo sus propiedades, puede dividirse un elemento químico. Dentro del núcleo de cada átomo existen además 2 partículas, los protones y los neutrones. ¿Cómo se mantienen unidos los neutrones y los protones dentro del núcleo del átomo? A través de lo que se denomina energía nuclear, aquella que podemos utilizar para poder obtener electricidad.

Para poder obtener la electricidad, hace falta aún realizar un paso más. La energía utilizada para obtener electricidad debe ser liberada del átomo. Esta energía se puede obtener de dos formas: a través de lo denominado fisión nuclear o a través de lo que se denomina fusión nuclear.

4.1. FISIÓN NUCLEAR

La fisión nuclear es según el Consejo de Seguridad Nuclear, “la reacción en la que el núcleo de un átomo pesado, al capturar un neutrón incidente, se divide en dos o más núcleos de átomos más ligeros, llamados productos de fisión, emitiendo en el proceso neutrones, rayos gamma y grandes cantidades de energía”¹⁸.

¹⁷ Qué es un accidente nuclear. (s. f.). Departamento de Ingeniería Energética de la UNED. <https://fukushima-1188.appspot.com/3/1>

¹⁸ Fisión nuclear - CSN. (s. f.). Consejo de Seguridad Nacional. <https://www.csn.es/fision-nuclear>

La clave de este proceso es la posible reacción en cadena que se puede producir. Los neutrones emitidos en el primer producto de fisión pueden ocasionar a su vez más fisiones si consiguen "interaccionar con nuevos núcleos fisionables que emitirán nuevos neutrones y así sucesivamente"¹⁹.

Existen dos tipos diferentes de reacción en cadena, aquellas que son controladas y aquellas reacciones que son incontroladas. Las primeras son aquellas utilizadas en los reactores nucleares y las que, a través de ella, obtenemos energía eléctrica. Por su parte, las reacciones incontroladas son las utilizadas para la detonación de las bombas atómicas.

4.2. FUSIÓN NUCLEAR

Por su parte, la fusión nuclear es, según el Consejo de Seguridad Nuclear, aquella "reacción nuclear en la que dos núcleos de átomos ligeros, en general el hidrógeno y sus isótopos (deuterio y tritio), se unen para formar otro núcleo más pesado, generalmente liberando partículas en el proceso. Estas reacciones pueden absorber o liberar energía, según si la masa de los núcleos es mayor o menor que la del hierro, respectivamente"²⁰. Un ejemplo práctico de cómo funciona la fusión nuclear es el de las estrellas, como el Sol.

Hay varios inconvenientes a la hora de poder realizar el procedimiento de fusión nuclear, como, por ejemplo, que se necesita llegar a una temperatura muy elevada, o mantener dicha temperatura tan elevada durante gran cantidad de tiempo. Esto lleva a que aún no se haya podido conseguir construir ningún tipo de reactor nuclear que pueda llevar a cabo la operación de producir energía eléctrica a través de la fusión nuclear, a pesar de que se lleva años desarrollando proyectos (como el proyecto ITER en Francia) para poder conseguirlo.

5. FUNCIONAMIENTO DE LAS CENTRALES NUCLEARES

Como se ha comentado con anterioridad, todas las centrales nucleares que existen en la actualidad son aquellas que funcionan a través de la fisión nuclear, es decir, a través de dividir los átomos de uranio para conseguir la energía.

Pero para poder realizar dicha actividad, se necesita unas instalaciones específicas con determinadas condiciones para que esto pueda funcionar correctamente. Estas instalaciones son las llamadas centrales nucleares.

Las centrales nucleares son aquellas instalaciones industriales "en la que se genera electricidad a partir de la energía nuclear que se libera en forma de energía térmica mediante una reacción nuclear de fisión en cadena en la vasija de un reactor nuclear"²¹. En realidad, las centrales nucleares funcionan de una manera muy parecida a las centrales térmicas que utilizan combustibles fósiles como el carbón o el gas natural.

¹⁹ ¿Qué es la fisión nuclear? (2020, 1 junio). Foro Nuclear. <https://www.foronuclear.org/descubre-la-energia-nuclear/preguntas-y-respuestas/sobre-fisica-nuclear/que-es-la-fision-nuclear/>

²⁰ Fusión nuclear - CSN. (s. f.). Consejo de Seguridad Nacional. <https://www.csn.es/fusion-nuclear>

²¹ ¿Cómo funciona una central nuclear? (2020, 4 junio). Foro Nuclear. <https://www.foronuclear.org/descubre-la-energia-nuclear/como-funciona-una-central-nuclear/>

El reactor nuclear es el componente principal de las centrales nucleares, "donde se aloja el combustible nuclear y que cuenta con sistemas que permiten iniciar, mantener y detener, de modo controlado, reacciones nucleares de fisión que liberan grandes cantidades de energía térmica"²². Posteriormente, la energía térmica liberada producto de la fisión se usa para calentar agua que se convierte en vapor, el cual hace girar a su vez una turbina. Esta turbina está a su vez enlazada a un generador que transforma en energía eléctrica la energía provocada por el giro de la turbina.

6. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA ENERGÍA NUCLEAR

Desde la aparición de la energía nuclear y hasta nuestros días, la balanza entre las ventajas y los inconvenientes del uso de la misma ha generado todo tipo de controversias que ha llevado a una conclusión. O estás a favor de la energía nuclear o estás en su contra.

Por lo que, para poder tener una opinión firme y convincente sobre el uso de la misma, es necesario tanto conocer todas aquellas ventajas que se obtiene al utilizar la energía nuclear como aquellos inconvenientes que surgen o que pudieran surgir al utilizar la misma.

6.1. VENTAJAS

- Gran obtención de energía con poco combustible: con una central nuclear que tenga un reactor PWR se puede obtener al año unos 8.500.000.000 kWh utilizando al año 30.000 kg de uranio, por lo que por cada kilogramo de uranio se obtiene unos 425.000 kWh.
- Bajo coste de funcionamiento: las centrales nucleares tienen un coste de "entre el 33 y el 50% de una planta de carbón y de entre el 20 al 25% de una planta de ciclo combinado de gas"²³.
- No es contaminante en el momento de generación de energía
- Las centrales nucleares pueden funcionar a pleno rendimiento prácticamente las 24 horas del día los 365 días del año, salvo en aquellos momentos que se deban realizar las paradas por mantenimiento.
- Otros usos de la energía nuclear: como medicina, control de plagas...
- Fuente casi inagotable Existen tantas reservas de uranio en la actualidad que podríamos producir energía a través del mismo durante miles y miles de años, por lo que se podría llegar a considerar fuente renovable.

6.2. DESVENTAJAS

- Posibilidad de accidentes nucleares
- Gestión de residuos: a pesar de que, en efecto, la producción de la energía nuclear es limpia, no produce gases de efecto invernadero, al producirla surgen residuos nucleares muy contaminantes por su radioactividad y peligrosos. Además, no dejan de ser peligrosos hasta pasados cientos o miles de años.

²² Qué es una central nuclear - CSN. (s. f.). Consejo de Seguridad Nuclear. <https://www.csn.es/que-es-una-central-nuclear>

²³ Planas, O. (2020, junio 11). Ventajas y desventajas de la energía nuclear. Pros y contras. <https://energia-nuclear.net/que-es-la-energia-nuclear/ventajas-inconvenientes-energia-nuclear>

- Instalaciones: los reactores nucleares por lo general tienen un período de vida de unos 10 años, por lo que se deben desmantelar pasado ese tiempo. "Cada diez años se deberían construir aproximadamente 80 reactores nucleares nuevos"²⁴.

- Armas nucleares: también puede ser utilizado para fines bélicos, como ya se pudo comprobar con el lanzamiento de las bombas atómicas en Hiroshima y en Nagasaki.

7. ORGANISMOS INTERNACIONALES SOBRE LA ENERGÍA NUCLEAR

Tras la finalización de la II Guerra Mundial y tras observar la devastación que podía provocar un mal uso de la energía nuclear como se pudo detectar tras el lanzamiento de las bombas nucleares en Hiroshima y Nagasaki, los Estados comenzaron a trabajar en formar organizaciones y firmar tratados que conllevaran y aseguraran un uso pacífico de la energía nuclear a nivel mundial.

Así pues, se crearon en la década de los años 50 3 organismos de carácter internacional que tenían como objeto principal el promover el uso pacífico de la energía nuclear. Estos organismos son:

- Comunidad Europea de la Energía Atómica (EURATOM): la Comunidad Europea de la Energía Atómica fue creada el 25 de marzo de 1957, dentro del marco de la firma de los Tratados Constitutivos de la Comunidad Europea (también se firmó el Tratado Constitutivo de la Comunidad Económica Europea) en Roma por Bélgica, Luxemburgo, Francia, Alemania, Holanda e Italia.

- OIEA: tras el discurso proclamado por el Presidente de los Estados Unidos Dwight Eisenhower en 1953 en la Asamblea General de la ONU, el denominado Átomos para la paz, donde se advierte sobre la posibilidad de que existe a futuro una guerra nuclear, Eisenhower propone la creación de un organismo a nivel global que trate "el desarrollo de la energía nuclear con fines civiles y pacíficos"²⁵ (a pesar de tal discurso, Estados Unidos desarrolló su armamento nuclear, pasando a tener 20 veces más de armas durante el mandato de Eisenhower, de 1000 armas a más de 20000).

- Agencia de la Energía Nuclear de la OCDE (NEA): tiene sede en París y fue creado en 1958. Depende de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). Este organismo tiene como objetivo "ampliar el conocimiento en el área de la energía nuclear, integrando a Estados de Europa, América del Norte y el Sudeste Asiático que constituyen la mayor parte de la capacidad nuclear instalada en el mundo"²⁶.

8. SITUACIÓN DE LA ENERGÍA NUCLEAR EN ESPAÑA

En nuestro país, la red nuclear comenzó a construirse en la década de los 60, con la construcción de las centrales nucleares de Vandellós I, Zorita y Garoña. Junto a ellas, se encuentran otras tres más, las de Almaraz, Confrentes y Ascó. Finalmente, hay una 3ª etapa de construcción, con la

²⁴ Planas, O. (2020, junio 11). Ventajas y desventajas de la energía nuclear..., op. cit.

²⁵ Álvarez, R. (2021, 8 enero). Los átomos para la paz de Eisenhower. La Vanguardia. <https://www.lavanguardia.com/historiayvida/historia-contemporanea/20210108/6172747/atomos-paz-eisenhower-estados-unidos-union-sovietica-nuclear-desarme.html>

²⁶ NEA - CSN. (s. f.). Consejo de Seguridad Nuclear. <https://www.csn.es/organismos-nucleares-internacionales/nea->

construcción de las centrales de Trillo y Vandellós, junto con la creación de ENRESA, la empresa de gestión de los residuos nucleares.

El parque nuclear español se encuentra en funcionamiento durante la mayor parte del año, estando de media funcionando durante casi 8000 horas, de las 8760 horas que tiene el año.

A pesar de tener disponer de esta infraestructura nuclear en nuestro país, tiene una fecha límite. El Gobierno actual ha propuesto y decidido el cierre para el período de 2027 a 2035 de todas las centrales nucleares de nuestro país. De hecho, existen ya 2 centrales nucleares que se encuentran en desmantelamiento, siendo estas la de Vandellós I (que se encuentra en fase de latencia y que finalizará en el año 2028, año donde se desmantelará completamente) y la de José Cabrera, que cesó ya su actividad en el año 2006.

Para hacer una comparativa, mientras que en el año 2007 el 17.59% de la energía producida en nuestro país provenía de las centrales nucleares, en el año 2018, en España se produjo un 11.3 % de energía procedente de centrales nucleares, siendo un 6% menos. A pesar de ello, en el año 2021, las centrales nucleares produjeron un 20,8% de la electricidad en nuestro país, evitando además "la emisión a la atmósfera de más de 20 millones de toneladas de CO₂, produciendo el 30,4% de la electricidad sin emisiones contaminantes generada en España"²⁷. Además, las centrales nucleares en los últimos 53 años (es decir, desde la creación de las primeras centrales) han producido un 21.9% de la electricidad que se ha generado en nuestro país en todo ese período.

En este último año 2022, los números han sido bastante similares a los números de los años anteriores. Así, los reactores españoles en funcionamiento han conseguido producir un 20.25% de la electricidad en nuestro país, un número nada desdeñable. Además, las centrales nucleares han estado en pleno funcionamiento durante 7800 horas.

9. LEGISLACIÓN APLICABLE A LA ENERGÍA NUCLEAR EN ESPAÑA

9.1. NORMATIVA INTERNACIONAL

La normativa española sobre la energía nuclear comenzó a instaurarse en el momento en que nuestro país construyó y empezaron a poner operativas las primeras centrales nucleares en la década de los 60 del siglo pasado. "La mayor parte de la normativa nuclear tiene su base en los acuerdos internacionales que España ha suscrito y publicado en el Boletín Oficial del Estado y, por ello, tienen fuerza de Ley"²⁸.

Existen varios tratados y acuerdos de gran importancia donde España es parte que son dignos de destacar. Añadido a esto, se dividen en 3 diferentes grupos según su finalidad, los tratados a los que España está adherido en materia nuclear:

²⁷ Escribano, L. (2022, 14 enero). La energía nuclear produjo en España el 20,8% de la electricidad en 2021. Foro Nuclear. <https://www.foronuclear.org/actualidad/noticias/la-energia-nuclear-produce-en-espana-el-208-de-la-electricidad-en-2021/>

²⁸ Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico - Legislación. (s. f.). Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. <https://energia.gob.es/nuclear/Legislacion/Paginas/legislacion.aspx>

1- En primer lugar, los tratados que tienen como finalidad la salvaguarda y la seguridad del planeta. Entre los tratados dedicados a la salvaguarda se encuentra el ya anteriormente mencionado Tratado de No Proliferación de Armas Nucleares.

2- En segundo lugar, están todos aquellos tratados que tienen como materia, la responsabilidad civil provocada por daños nucleares. 2 son los convenios en donde España se ha adherido y tratan esta materia. En primer lugar, el Convenio de 29 de julio de 1960 sobre responsabilidad civil en materia de energía nuclear, siendo modificado posteriormente por los Protocolos de 1964, 1982 y 2004. Añadiendo además tal convenio, se debe mencionar también otro, el Convenio de 31 de enero de 1963, que complementa al convenio de París, modificado por los Protocolos de 1964, de 1982 y de 2004.

3- En materia de seguridad nuclear, España se ha adherido y ha ratificado 2 convenciones realizadas en Viena, en primer lugar, la Convención de Viena de 1994, sobre Seguridad Nuclear y en segundo lugar, la Convención de Viena de 1997, sobre seguridad nuclear en la gestión de combustible gastado y en la gestión de residuos radioactivos.

4- También existe normativa internacional donde España se ha adherido en materia de notificación de accidentes nucleares. Dicha normativa se encuentra en básicamente dos convenciones, en primer lugar, la Convención sobre Asistencia en Caso de Accidente Nuclear o Emergencia Radiológica de 1986, celebrada en septiembre de 1986 y firmada en septiembre y noviembre de 1986. En segundo lugar se encuentra la Convención sobre la Pronta Notificación de Accidentes Nucleares, aprobada también en septiembre de 1986 y abierta a la firma en septiembre y octubre del mismo año.

9.2. LEGISLACIÓN COMUNITARIA

Es multitud la cantidad de normativa sobre energía nuclear de rango comunitario que a su vez, se basa en las disposiciones del Tratado Euratom, que se debe recordar, tiene como misión establecer las condiciones básicas para poder crear una industria nuclear. En cuanto a normativa que legisla sobre su mayor parte seguridad nuclear en el derecho comunitario, se deben destacar las siguientes directivas y reglamentos:

1- En primer lugar, respecto al traslado de sustancias radioactivas entre los Estados miembro, existe el Reglamento 1493-1993 de 8 de junio de 1993.

2- En materia de traslado de residuos radioactivos y combustible nuclear gastado, además de la normativa internacional, también se encuentra la Directiva 2006-117 del Consejo, de 20 de noviembre de 2006.

3- En cuanto a seguridad nuclear, además de la mencionada normativa internacional anteriormente mencionada, en el rango comunitario también encontramos una Directiva que trata sobre la misma materia, y es la Directiva 2009-71 del Consejo, de 25 de junio de 2009, por la que se establece un marco comunitario para la seguridad nuclear de las instalaciones nucleares.

4- En cuarto lugar, nos encontramos con el marco comunitario para la gestión responsable y segura del combustible nuclear gastado y de los residuos radioactivos, en la Directiva 2011-70 del Consejo, de 19 de julio de 2011.

5- En el año 2013, se legislaron 2 directivas y 1 reglamento del año 2013. En cuanto al reglamento, nos encontramos con el Reglamento 237-2014 del Consejo de 13 de diciembre de 2013, por el que se establece un instrumento de cooperación en materia de seguridad nuclear. En cuanto a las directivas, está la Directiva 2013-51 del Consejo de 22 de octubre de

2013 por la que se establecen requisitos para la protección sanitaria de la población con respecto a las sustancias radiactivas en las aguas destinadas al consumo humano y la Directiva 2013-59 del Consejo, de 5 de diciembre de 2013, por la que se establecen normas de seguridad básicas para la protección contra los peligros derivados de la exposición a radiaciones ionizantes, y se derogan otras Directivas.

6- Finalmente, se encuentra la Directiva 2014-87 del Consejo, de 8 de julio de 2014, por la que se modifica la Directiva 2009-71-EURATOM del Consejo, de 25 de junio de 2009, por la que se establece un marco comunitario para la seguridad nuclear de las instalaciones nucleares-

9.3. ASPECTOS CONSTITUCIONALES

En la Constitución española de 1978 (CE) no se hace en ningún momento mención expresa a la energía nuclear. Únicamente se podría integrar de alguna forma en cuanto al reparto competencial entre Estado y CCAA del artículo 149.1.25, en cuanto a que "El Estado tiene competencia exclusiva sobre las siguientes materias: Bases de régimen minero y energético"²⁹.

A pesar de ello, sí que es posible que las "CCAA puedan tener encomendadas determinadas competencias de ejecución sobre instalaciones radiactivas menores a través de los correspondientes acuerdos de encomienda de gestión, pero en lo que respecta a las instalaciones nucleares como centrales, la competencia es exclusiva del Estado"³⁰.

9.4. FISCALIDAD DE LA ENERGÍA NUCLEAR: IMPUESTOS A LA ENERGÍA NUCLEAR

En nuestro país nos encontramos con una situación particular. El Estado y las CCAA gravan la energía nuclear de diferente forma. Por una parte, el Estado grava la producción de combustible nuclear gastado y residuos radiactivos resultantes de la generación de energía nucleoelectrónica y el almacenamiento de combustible nuclear gastado y residuos radiactivos en instalaciones centralizadas en la Ley 15/2012, de 27 de diciembre, de medidas fiscales para la sostenibilidad energética, mientras que existe en 3 CCAA un impuesto a la producción de la energía a partir de la energía nuclear, estas son Cataluña, Comunidad Valenciana y Extremadura.

9.5. DERECHO PENAL

Como se ha establecido con anterioridad, la mayoría de la normativa española sobre energía nuclear proviene de los acuerdos firmados y suscritos por parte del Estado español en el derecho internacional. Así, en el EURATOM se establece, en su artículo 2.b., que se deben crear normas que tengan como objetivo la protección de los trabajadores y de los ciudadanos por los riesgos que suponen las radiaciones ionizantes, entre otras.

Es por ello por lo que el legislador español consideró necesario crear normas de carácter penal relativos a la energía nuclear, radiaciones ionizantes, instalaciones nucleares y sustancias radioactivas. Se encuentra en el Código Penal (CP), entre los artículos 341 y 345, dentro del Título

²⁹ Constitución española. Boletín Oficial del Estado, 311, 29 de diciembre de 1978. [https://www.boe.es/eli/es/c/1978/12/27/\(1\)/con](https://www.boe.es/eli/es/c/1978/12/27/(1)/con)

³⁰ Pascual, G. D., & Paredes, S. A. B. (2013). El futuro de la energía nuclear en España: perspectivas (no sólo) jurídicas. Tirant lo Blanch. Valencia, 2013. P.144

XVII, sobre delitos contra la seguridad colectiva, en el Capítulo I, relativo a los delitos de riesgo catastrófico, a su vez en la sección I, relativa a los delitos relativos a la energía nuclear y las radiaciones ionizantes. En cuanto a los tipos del delito:

- En primer lugar, el artículo 341 CP castiga la liberación de energía nuclear o elementos radioactivos que puedan suponer un peligro a la vida o salud de las personas o los bienes de estas, incluso sin haber explosión.

- El artículo 342 CP castiga la perturbación del "funcionamiento de una instalación nuclear o radiactiva, o altere el desarrollo de actividades en las que intervengan materiales o equipos productores de radiaciones ionizantes, creando una situación de grave peligro para la vida o la salud de las personas"³¹, siempre y cuando no esté comprendido en el artículo 341 CP.

- El 343 CP castiga los vertidos, emisiones o introducciones en el aire, aguas o suelo de materiales o radiaciones ionizantes o cualquier introducción de las radiaciones que puedan suponer un peligro a la vida, la salud, la integridad o a los bienes de las personas.

- En el 344 CP se establece la posibilidad de castigar con la pena inferior en grado en el caso de que las conductas anteriormente mencionadas se hayan realizado por imprudencia grave.

- Finalmente, el 345 CP trata sobre cualquier tipo de apoderamiento de material nuclear u otras sustancias radioactivas peligrosas que puedan causar la muerte o lesionar gravemente a personas o dañar el medio ambiente (aire, suelo, aguas, plantas, animales...)

10. SITUACIÓN EN EL RESTO DEL MUNDO

Como se ha comentado con anterioridad, desde el desastre de la central nuclear de Chernóbil hasta el accidente de la central nuclear de Fukushima en marzo de 2011, muchos países decidieron abandonar la producción de energía a través del combustible nuclear por todos los riesgos que conlleva. Ahora bien, tras el comienzo de la guerra entre Ucrania y Rusia en febrero de 2022, que ha conllevado a la entrada de muchos países occidentales, han surgido consecuencias evidentes hacia los mismos, en forma de reducción del gas proveniente de Rusia hacia los países de la UE. Así, Rusia aporta a Europa el "40% del gas natural de la Unión Europea (UE) y el 27% de su petróleo importado. La UE envía al país aproximadamente 400.000 millones de euros al año"³². Es por ello por lo que muchos países o bien han cambiado de opinión respecto a la energía nuclear o bien están acelerando la transición hacia las denominadas energías verdes.

En Europa, el Parlamento Europeo y posteriormente el Consejo Europeo decidieron por mayoría una resolución que puede ser controversial. Se ha considerado que tanto el gas como la energía nuclear, al contrario del pensamiento de varias organizaciones, son energías verdes, es decir, energías que pueden ayudar a luchar contra el cambio climático.

Más en detalle, un país que decidió abandonar la energía nuclear pero que ha decidido mantenerla temporalmente por la guerra de Ucrania ha sido Alemania, que, tras decidir desmantelar todas las centrales nucleares, ha

³¹ Ley Orgánica 10/1995, de 23 de noviembre, del Código Penal. Boletín Oficial del Estado, 281 de 24 de noviembre de 1995. <https://www.boe.es/eli/es/lo/1995/11/23/10/con>

³² BBC News Mundo. (2022, 20 mayo). Rusia y Ucrania: en qué consiste el plan de Europa para sustituir el gas ruso. BBC News Mundo. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-61514155>

considerado suspender el desmantelamiento de las 3 centrales nucleares restantes.

Francia es un grandísimo exponente de país que confía y apuesta por la energía nuclear. De hecho, hasta el 70% de la energía la producida por las centrales nucleares del país vecino. Además, se ha anunciado la construcción de al menos 14 reactores nucleares nuevos.

Al contrario de estos 2 países nos encontramos con otros como Italia, que fue uno de los primeros países de la UE en abandonar la energía nuclear, también Holanda, España...

En la UE, 13 países de los 27 que la componen tienen centrales nucleares, destacando Francia, que, como se ha dicho anteriormente, dispone de 56 reactores que actualmente se encuentran operativos y en donde se genera el 70% de la electricidad a través de energía nuclear. A este país, hay que sumarle "Eslovaquia y Ucrania, donde el 54% de su electricidad es de origen nuclear; Hungría, con el 49% y Bélgica y Suecia con el 47 % y 34% respectivamente. En total, en la Unión Europea casi un tercio de la electricidad consumida es de origen nuclear"³³.

Fuera de Europa nos encontramos con la siguiente situación. "En África hay dos reactores en operación. En América hay 120 reactores en operación y 4 más en construcción. En Asia hay 140 reactores en situación de operar, ya que hay alguno momentáneamente parado, como en el caso de Japón, y es el continente donde más se apuesta por esta tecnología, con 38 unidades en construcción"³⁴. Más en detalle, las 2 centrales que se encuentran en África están en Sudáfrica, la mayoría de las de América se encuentran en Estados Unidos, siendo estas 98, mientras que el resto se dividen en Canadá, México, Brasil y Argentina. Finalmente, las encontradas en Asia, 46 se encuentran en China, 39 en Japón, 24 en Corea del Sur y 22 en la India.

Países como Japón, que decidió abandonar la energía nuclear tras el accidente de Fukushima producido por fenómenos naturales hace 11 años (de hecho, en la actualidad la energía nuclear solo representa el 9% de la energía del país) ha decidido reactivar la tecnología nuclear, anunciando la construcción de al menos 7 nuevos reactores nucleares. Finalmente, en un ámbito global, se ha calculado que hay un total de 443 reactores en operación actualmente, que producen el 10 % de la electricidad del mundo, a los que hay que sumarle otros 54 reactores más que se están construyendo en países como China, India, Rusia, Francia, etc.,...

11. CONCLUSIONES

La energía nuclear ha sido desde sus comienzos una fuente de energía objeto de debate al hacer balanza sobre sus riesgos y beneficios. Si bien producir energía a través de dicho combustible es totalmente verde, donde no se producen sustancias nocivas contra la salud, la posterior gestión de los residuos conlleva unos riesgos medioambientales que hay que tener en cuenta para su producción; de igual forma que todos los riesgos que existen al producir dicha energía, sin poder olvidarnos de los accidentes nucleares

³³ Energía nuclear en el mundo. (2022, 27 julio). Foro Nuclear. <https://www.foronuclear.org/descubre-la-energia-nuclear/energia-nuclear-en-el-mundo/>

³⁴ Energía nuclear en el mundo. (2022, 27 julio)...., op. cit.

de Chernóbil y Fukushima, que fueron un desastre para el medio ambiente y las personas que vivían en las zonas colindantes.

Si queremos tener la energía nuclear como fuente potencial para producir energía se debe investigar para poder evitar todos estos riesgos tan graves que existen para el ser humano y el medio ambiente. Construir centrales nucleares mucho más seguras, saber qué hacer con los residuos nucleares que quedan tras producir la electricidad como poder reducir o eliminar la radioactividad de tales residuos debe ser una prioridad para los investigadores si realmente quieren que este tipo de combustible pueda ser una fuente de energía para esta generación y las generaciones venideras.

12. BIBLIOGRAFÍA

- AA.VV. (2020, 4 junio). ¿Cómo funciona una central nuclear? Recuperado el 15 de agosto de 2022. Foro Nuclear. <https://foronuclear.org/descubre-la-energia-nuclear/como-funciona-una-central-nuclear/>
- AA.VV. (1978). Constitución española. Boletín Oficial del Estado, 311, 29 de diciembre de 1978
- AA.VV. (2022, 30 agosto). Energía nuclear en el mundo. Foro Nuclear. Recuperado el 20 de agosto de 2022 <https://foronuclear.org/descubre-la-energia-nuclear/energia-nuclear-en-el-mundo/>
- AA.VV. (2022, 14 enero). Escribano, L. La energía nuclear produjo en España el 20,8% de la electricidad en 2021. Foro Nuclear. Recuperado el 18 de agosto de 2022 <https://foronuclear.org/actualidad/noticias/la-energia-nuclear-produce-en-espana-el-208-de-la-electricidad-en-2021/>
- Fisher, J., BBC News Mundo. (2022, 20 mayo). Rusia y Ucrania: en qué consiste el plan de Europa para sustituir el gas ruso. Recuperado el 09 de junio de 2022 <https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-61514155>
- Fisión nuclear-CSN. (s. f.). Recuperado el 22 de junio de 2022 <https://www.csn.es/fision-nuclear>
- Fusión nuclear-CSN. (s. f.). Recuperado el 22 de junio de 2022 <https://www.csn.es/fusion-nuclear>
- Guerrero Giampaglia, M, Vega Hernandez. V., El proyecto Manhattan. Tecnología nuclear. Recuperado el 16 de junio de 2022 <http://laplace.us.es/wiki/images/1/10/Trabajo26m.pdf>
- Hays Miller, P., Krieger, K., Lewis, M., Pasternack, S., Goodman, B., Meyerhof, W., Serin, B. Y Vought, R. (1948) Nuclear Fission And Atomic Energy, W. E. Stephens, Ed. The Science Press. Lancaster, Pa, USA.
- Historia | OIEA. (s. f.). Recuperado el 2 de julio de 2022. <https://www.iaea.org/es/el-oiea/historia>
- Instituto de Protección Radiológica. Ingeniera en Prevención de Riesgos. (2014, 27 enero). Historia de la energía nuclear - IPR / Instituto de Protección Radiológica e Ingeniería en Prevención de Riesgos.. Recuperado el 14 de junio de 2022 <https://www.iprltda.cl/noticias/historia-de-la-energia-nuclear/>
- Isasi Marín, J., (2017) Química General: Ensayos Virtuales. Madrid. Dextra Editorial, ISBN 978-8416898-54-1, 978-84-16898-55-8
- Laboratorio Químico, La Teoría Atómica de Dalton. Recuperado el 15 de junio de 2022 <https://www.tplaboratorioquimico.com/quimica-general/teoria-atmica/la-teoria-atmica-de-dalton.html>
- Ley Orgánica 10/1995, de 23 de noviembre, del Código Penal. Boletín Oficial del Estado, 281 de 24 de noviembre de 1995

- Los orígenes de la energía nuclear | Naturgy. (s. f.). Recuperado el 20 de junio de 2022 https://www.naturgy.es/empresas/blog/historia_energia_nuclear
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico - Agencia de la Energía Nuclear de la OCDE (NEA). (s.f.b). Recuperado el 01 de julio de 2022 <https://energia.gob.es/nuclear/OrganismosInternacionales/Paginas/nea.a.spx>
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico - Legislación. (s. f.). Recuperado el 22 de julio de 2022 <https://energia.gob.es/nuclear/Legislacion/Paginas/legislacion.aspx>
- Núñez, R. (2018, 23 noviembre). 1938: se descubre la fisión nuclear. Muy Interesante. Recuperado el 29 de junio de 2022 <https://www.muyinteresante.es/curiosidades/27408.html>
- Pascual, G. D. y Paredes, S. A. B., (2013) El Futuro de la Energía Nuclear en España: Perspectivas (No Solo) Jurídicas. Valencia. Tirant lo Blanch, ISBN 9788490335406, 9788490335413.
- Planas, O. (2020, junio 11). Ventajas y desventajas de la energía nuclear. Pros y contras. Recuperado el 30 de julio de 2022 <https://energia-nuclear.net/que-es-la-energia-nuclear/ventajas-inconvenientes-energia-nuclear>
- Planas, O. (2021, 22 abril). Modelo atómico de Dalton: Postulados y limitaciones. Recuperado el 14 de junio de 2022 <https://energia-nuclear.net/que-es-la-energia-nuclear/atomo/modelos-atomicos/modelo-atomico-de-dalton>
- Sotelo Pérez, I. (2019). Una asignatura pendiente: los Programas de Acción Medioambiental de la Unión Europea y el Catastro en España, una aproximación desde las Políticas de Aguas. CT: Catastro, N° 95 (abril), págs. 67-94
- Sotelo Pérez, I (2021). Consecuencias de la falta de resultados de la Evaluación de Impacto Ambiental: la quiebra de la Unidad del Derecho (Estudio de caso). Observatorio Medioambiental. Ediciones Complutense.
- Sotelo Pérez, I. y Sotelo Navalpotro, J.A. (2022). Aspectos científicos del estudio del Medio Ambiente, en el contexto del Espacio Geográfico, desde el ámbito del Estado Constitucional de Derecho y el Estado Jurisprudencial de Derecho. Observatorio Medioambiental, 25, 65-90
- Tratado sobre la no proliferación de las armas nucleares. 1 de julio de 1968 VV.AA. Qué es un accidente nuclear. (s. f.). Recuperado el 27 de junio de 2022 <https://fukushima-1188.appspot.com/3/1>
- VV.AA. (2020, 1 junio). ¿Qué es la fisión nuclear? Foro Nuclear. Recuperado el 22 de junio de 2022 <https://foronuclear.org/descubre-la-energia-nuclear/preguntas-y-respuestas/sobre-fisica-nuclear/que-es-la-fision-nuclear/>
- VV.AA. (2020, 1 junio). ¿Qué es la radiactividad? Recuperado el 23 de junio de 2022 Foro Nuclear. <https://www.foronuclear.org/descubre-la-energia-nuclear/preguntas-y-respuestas/sobre-proteccion-radiologica-y-radiacion/que-es-la-radiactividad/>