Xavier Bohigas

Resurgimiento o declive de la energía nuclear

Las aplicaciones civiles, no militares, de la energía nuclear se concentran fundamentalmente en la generación de energía eléctrica. Las inversiones realizadas en otras aplicaciones son mucho menores, en comparación casi irrelevantes. La producción de electricidad a partir de la energía nuclear ha generado, desde sus inicios, una gran controversia. Sus defensores presentan la energía nuclear como una opción tecnológica imprescindible para el desarrollo de la sociedad y, recientemente, incluso como una tecnología que ayudaría a mitigar los efectos del cambio climático. Por su lado, los detractores centran sus críticas en los efectos nocivos de esta tecnología para la salud humana y el medio ambiente —graves problemas aún no resueltos—.

La utilización de la energía nuclear se inició con el proyecto Manhattan, que llevó a la construcción de las dos bombas nucleares que EEUU lanzó sobre Japón al final de la segunda guerra mundial. Posteriormente se han desarrollado aplicaciones pacíficas, fundamentalmente la generación de electricidad. El programa “Átomos para la paz”, presentado por el presidente norteamericano Eisenhower en la Asamblea General de la ONU, dio un gran impulso a las aplicaciones civiles de la energía nuclear. Así, en la década de 1970, la energía nuclear empezó a jugar un papel importante en la política energética, especialmente en los países más industrializados. Se construyeron muchas centrales nucleares y la contribución de la energía nuclear en la generación de electricidad empezó a ser significativa. La máxima producción de electricidad de origen nuclear se alcanzó en 2006. La posterior disminución de producción ha ido acompañada de repetidas declaraciones, por parte del sector de la industria nuclear, que auguraban un resurgimiento de la opción nuclear. Recientemente, a raíz del posible permiso para alargar la vida útil de la central nuclear de Garoña, en España, hemos vuelto a oír declaraciones en este sentido.

No vamos a analizar aquí los problemas o ventajas de la energía nuclear, pues ya se ha hecho extensamente en multitud de textos. En este artículo describiremos los cambios habidos en 2015 en la industria nuclear civil en el mundo y presentaremos su situación actual (primer semestre de 2016). Con estos datos podremos dilucidar si realmente existe un resurgimiento de la energía nuclear, o si bien estamos ante un declive de la industria nuclear.

Cambios en 2015 y situación actual en el mundo. Los datos

En 2015 se pusieron en marcha diez nuevos reactores nucleares (ocho en China, uno en Rusia y otro en Corea del Sur) y dos reactores se cerraron (uno en Alemania y otro en Gran Bretaña) [1]. También se decidió clausurar definitivamente cinco reactores japoneses que no funcionaban desde 2011 y uno sueco que estaba fuera de servicio desde 2013. Durante el primer semestre de 2016 se han puesto en marcha cinco nuevos reactores (tres de ellos en China, uno en EEUU y otro en Corea del Sur). No se ha cerrado ninguno, pero se ha anunciado la clausura definitiva de un reactor japonés que no genera electricidad desde 2011.

Esto hace que, a mediados de 2016, hubiese 402 reactores nucleares en funcionamiento para

generar electricidad. No se tienen en cuenta los 11 reactores que permanecen en parada a largo plazo. Esto supone 11 reactores más que en julio de 2015. Estos 402 reactores están repartidos en 31 países, uno más que en 2014, pues Japón puso en marcha dos reactores que estaban parados.

De los datos anteriores se podría concluir que nos encontramos en una importante fase expansiva de la energía nuclear. Pero si retrocedemos a un periodo anterior al 2015, esa conclusión ya no es válida. Recordemos que hoy día hay cuatro reactores menos en funcionamiento que en 1987 y 36 menos que en 2002, fecha que representa el máximo histórico con 438 reactores productores de electricidad.

Cabe diferenciar entre reactores existentes y reactores en funcionamiento, los que están generando electricidad. El número de estos últimos es el indicador real de la salud de la energía nuclear. La Agencia Internacional de la Energía Atómica (AIEA) [2] incluye en la lista de reactores operativos los 43 reactores japoneses, si bien ninguno de ellos ha generado electricidad desde septiembre de 2013, salvo los dos que han vuelto a funcionar en 2015. Informaciones de este tipo distorsionan la situación real de la industria nuclear en el mundo.

Respecto a la potencia instalada, en el último año ha aumentado un 3%, alcanzando los 348GW. Es una potencia similar a la instalada en el año 2000.

Según la AIEA, la electricidad generada a partir de la energía nuclear en 2015 alcanzó los 2.441,3TWh, lo que representa un aumento del 1,3% respecto al año anterior. La energía nuclear tuvo una contribución del 10,7% en la generación de electricidad en el mundo en 2015. Porcentaje parecido al de los últimos años, y menor al alcanzado en 1996, con un 17,6%, su máximo histórico.

Hay que matizar el dato del aumento de la producción de electricidad de origen nuclear. La producción en 2015 fue, como ya se ha dicho, de 2.441,3TWh y la del año 2014 fue de 2.410,4TWh, lo que representa un aumento neto de 30,9TWh [3]. Por otro lado, la producción de electricidad de origen nuclear en China pasó de 123,8TWh en 2014, a 161,2TWh en 2015, esto es un aumento de 37,4TWh. Es decir, sin tener en cuenta China, la cantidad de electricidad generada en centrales nucleares en el mundo habría disminuido en el último año y no aumentado como indican los datos globales.

La producción de la energía nuclear en el mundo está muy concentrada en unos pocos países. Cinco estados —EEUU, Francia, Rusia, China y Corea del Sur— generan casi el 70% de la energía nuclear mundial. Estados Unidos y Francia producen el 50% mundial y Francia, el 50% de la Unión Europea. Esto es importante pues un cambio de la política nuclear de alguno de estos estados influye de forma notable en el cómputo mundial. Esto es lo que sucede al analizar, por ejemplo, el aumento de la energía nuclear para producción de electricidad que, tal y como hemos visto, en el último año se debe únicamente a China.

La edad de los reactores

Se considera que un reactor nuclear tiene una vida útil de 40 años. Desde hace unos años la industria nuclear está presionando para conseguir permisos que prorroguen la vida de sus reactores más allá de los 40 años. Dicha autorización por parte de las Administraciones de cada

país debería ir acompañada de la exigencia del fortalecimiento de las medidas de seguridad así como de un plan de supervisión de esas medidas. Esta autorización depende de cada país y presenta resultados bastante dispares. Así, por ejemplo, EEUU ha autorizado que 81 de sus reactores nucleares puedan trabajar hasta los 60 años de edad. En cambio, en Francia y Bélgica solo se permite la extensión por un periodo de 10 años.

En los últimos años ha habido pocas inauguraciones de nuevos reactores, excepto en China, y esto hace que la edad media de los reactores vaya en aumento. Actualmente se sitúa en unos 29 años. Un total de 215 reactores, aproximadamente la mitad de los reactores en el mundo, tienen más de 30 años. Y de estos, hay 59 (de los cuales, 37 están en EEUU) que tienen más de 40 años.

El tiempo necesario para la construcción de un reactor nuclear es muy variable y depende de multitud de circunstancias. El promedio de los últimos 46 reactores puestos en marcha ha sido de 10,4 años, con un espectro muy amplio, entre 4 y 43,6 años. Los países que han construido más rápidamente sus últimos reactores nucleares son Japón (un reactor, 5,1 años), Pakistán (un reactor, 5,2 años), Corea del Sur (cinco reactores, 5,3 años de promedio), China (25 reactores, 5,7 años de promedio) y India (seis reactores, 7,7 años de promedio). Los tiempos de construcción de los otros cinco países que han inaugurado un reactor en los últimos diez años, superan los 20 años. El record lo ostenta EEUU, que necesitó 43,5 años para finalizar su último reactor inaugurado (en 2016).

Empresas nucleares

No ha sido demasiado bueno el último año para el sector de la industria nuclear. Las agencias de clasificación (credit-rating) han reducido la valoración de los grandes consorcios energéticos europeos, EDF y Engie franceses, E.ON y RWE alemanes, Wattenfall sueco. Por no citar el enorme fiasco de la japonesa Tepco después del desastre de Fukushima. La empresa energética china CGN ha sufrido una pérdida del 60% de su valor de mercado. También el operador nuclear norteamericano Exelon ha perdido una importante valoración desde 2008. La única excepción es la filial coreana de Tepco, que opera prácticamente en régimen de monopolio en Corea del Sur.

Atención aparte merece la empresa estatal Areva que controla el mercado nuclear en Francia. En los últimos cinco años acumula una pérdida de 10.000 millones de euros, que juntamente con las deudas pendientes, la sitúa, prácticamente, en bancarrota. La empresa ha presentado un plan de rescate a la Unión Europea que, en caso de ser aprobado, pagaremos entre todos.

Reactores en construcción

En julio de 2016, 14 estados están construyendo 58 reactores nucleares, nueve reactores menos que en 2013, de los cuales 21 corresponden a China, 7 a Rusia y 6 a India. Equivalen a una potencia total en construcción de 56,6GW. De estos 58 reactores en construcción, 38 de ellos han sufrido retrasos. El caso más exagerado es el reactor ruso (Rostov-4) que empezó a construirse en 1983 y está previsto, de momento, que entre en funcionamiento en 2018. Los dos reactores que se están construyendo en Eslovaquia le van a la zaga: su construcción se inició en 1985 y está previsto que uno de los reactores eslovacos entre en funcionamiento en 2017 y el otro en 2018.

La construcción de reactores en Europa occidental también ha sufrido retrasos enormes, como el reactor finlandés (Olkiluoto-3), desarrollado por la empresa nuclear francesa Areva. Cuando se puso en marcha el proyecto, en 2005, se dijo que la construcción se terminaría en cuatro años, en 2009. Y, las últimas previsiones consideran que generará electricidad en 2018 —si no hay nuevos retrasos, claro—. Los retrasos así como el sobrecoste de la construcción hicieron peligrar el proyecto que, de momento, sigue en marcha. También el reactor francés (Flamanville-3), de un diseño análogo al finlandés y también desarrollado por Areva, ha sufrido atrasos en su construcción y, de momento, ha triplicado el presupuesto inicial [4].

En 2015 se inició la construcción de 8 reactores nucleares, de los cuales 6 están en China, uno en Pakistán y otro en Emiratos Árabes Unidos.

Actualmente hay 31 estados con reactores nucleares en funcionamiento. Sólo hay dos estados que se incorporarán al grupo de países nucleares cuando finalicen las obras de construcción de sus primeros reactores: Bielorrusia y Emiratos Árabes Unidos.

Algunos países, con más detalle

China incorporó relativamente tarde la energía nuclear en su mix energético. A pesar de ello, a mediados de 2016 tiene operativos 24 reactores con una capacidad de producción de energía eléctrica de 29,4GW y tiene 21 reactores más en construcción con una potencia de 21,5GW. A pesar del gran impulso que el gobierno chino está dando a esta tecnología, la electricidad de origen nuclear (161,2TWh) representó únicamente el 3% del total de la electricidad generada en el país durante 2015. A modo de comparación, la energía eólica generó 186,3TWh de electricidad en China, algo superior a la de origen nuclear, pero con un aumento mayor, respecto al año anterior, que el correspondiente aumento de la nuclear. La principal fuente energética de producción de electricidad en China sigue siendo el carbón.

La situación en la UE-28 es completamente diferente. Hubo una importante actividad constructora de centrales nucleares en las décadas de los 1960, 1970 y 1980, pero esta cesó en la década de los 1990. Sólo se han conectado a la red eléctrica dos reactores nucleares desde el año 2000. Pero, por otra parte, dos reactores de cerraron en 2015 (Alemania y Gran Bretaña). De esta manera la capacidad nuclear en la UE-28 es de 118,9GW procedente de 127 reactores (lo que representa un tercio del total mundial), 16 menos que antes del accidente de Fukushima. Puesto que no existe un programa de construcción de nuevos reactores, la edad de estos va aumentando —actualmente es de unos 30 años de media—. La mayoría de los reactores (108 unidades, 80%) se concentran en sólo ocho estados, con Francia a la cabeza, donde un 76% de la electricidad producida es de origen nuclear. La electricidad de origen nuclear representó un 25% del total de energía eléctrica generada en la UE-28.

Japón, después de dos años de parada nuclear, ha puesto en marcha dos reactores, que han generado 3TWh de energía eléctrica durante 2015. Lo que representa una contribución de 0,5% respecto el total de electricidad generada en Japón. Valor muy inferior al 29% de 2010 (justo antes del accidente de Fukushima) o del 36% de 1998 (máximo histórico). Los reactores japoneses son relativamente viejos, con una edad media de 26,7 años, sólo dos de ellos iniciaron su actividad hace menos de 10 años.

En EEUU hay 100 reactores en funcionamiento, con una contribución a la generación de electricidad del 19,5%, en 2015. Constituye el mayor productor de energía nuclear del mundo. El Nuclear Energy Institute [5] afirma que entre 15 y 20 reactores deberán cerrarse en los próximos cinco o diez años. Suponiendo que los cuatro reactores que están en construcción ya fuesen operativos en ese momento, es previsible que el total de reactores nucleares operativos en EEUU disminuya ostensiblemente. Los reactores nucleares norteamericanos produjeron 798TWh en 2015, prácticamente lo mismo que en 2014. En junio de 2016 se conectó un nuevo reactor a la red eléctrica, si bien pocos días más tarde se desconectó por problemas con la turbina. EEUU sigue con su política de concesión de permisos para alargar la vida de las centrales nucleares.

Otros estados donde la energía nuclear contribuye de manera importante a la producción de electricidad son: Armenia (34,5%), Corea del Sur (31,5%), Ucrania (56,5%). Mientras que en otros estados, que congregan una gran población, la contribución es menor: India (3,5%), Brasil (3,0%), México (7,0%) o Pakistán (4,5%).

Los países con mayor capacidad de generación de electricidad a partir de la energía nuclear son: EEUU, Francia, China y Rusia, con una potencia instalada de 100.353MW, 63.130MW, 29.402MW y 25.443MW, respectivamente. EEUU, Francia y Rusia son los estados con mayor número de reactores nucleares operativos: 100, 58 y 35, respectivamente. Y en estos países la energía nuclear contribuye a la producción de electricidad en un 19,5%, un 76,5% y un 18,5%, respectivamente. Porcentajes prácticamente iguales a los del año anterior. El caso de China, con 34 reactores, ya lo hemos comentado más arriba.

Los accidentes no resueltos

Uno de los sucesos más temidos por la industria nuclear es aquel que comporta la fusión del núcleo del reactor. A lo largo de la historia nuclear este accidente ha sucedido en dos ocasiones: en un reactor de la central nuclear cerca de Chernóbil (Ucrania) y en tres reactores de la central de Fukushima (Japón). Ambos accidentes contribuyeron a desprestigiar la energía nuclear.

Las consecuencias del accidente de Chernóbil, acaecido en abril de 1986, están aún lejos de resolverse. Recordemos que la radiación llegó a contaminar de forma significativa el 40% de Europa y que seis millones de personas viven aún en zona contaminada, en Bielorrusia, Rusia y Ucrania. Según un estudio independiente [6] se han producido un total de 40.000 muertes por cáncer a consecuencia del accidente y un aumento de enfermedades cardiovasculares, mentales y defectos en los neonatales. El sarcófago que se construyó para tapar el reactor afectado se deterioró rápidamente. Por esta razón se ha diseñado un nuevo sarcófago que ha de cubrir el anterior. En la financiación de esta segunda protección se han involucrado 44 estados y su coste alcanza los 2.000 millones de dólares.

Las obras en Fukushima también son gigantescas. En 2015 el gobierno japonés ha revisado el plan de desmantelamiento de la central. Se espera retirar el combustible nuclear entre 2017 y 2022. Los niveles de radiación siguen siendo altos en la central, lo que hace imposible la intervención humana. Se están utilizando enormes cantidades de agua (300 metros cúbicos al día) para refrigerar los reactores. Parte de esta agua se almacena, pero otra parte contamina los acuíferos locales y otra llega al mar. Informes gubernamentales indican que las consecuencias sobre la salud humana han sido mínimas, mientras que informes independientes apuntan que la

probabilidad de contraer cáncer de tiroides en la región de Fukushima es 50 veces mayor que en cualquier otra región del Japón. Según información facilitada por la empresa Tepco, los costes estimados del accidente de Fukushima alcanzan los 133.000 millones de dólares, donde se incluyen los gastos por compensaciones, pero no el coste de efectos indirectos como las repercusiones en las exportaciones de alimentos o en el turismo.

Las expectativas futuras

Veamos cuales son las proyecciones que hacen dos reconocidos organismos de análisis y estudios energéticos respecto a la generación de electricidad de origen nuclear, durante los próximos años. Uno de ellos es la Energy Information Administration (EIA) del Departamento de Energía de EEUU, y el otro es la International Energy Agency (IEA), creado por la OCDE.

La EIA [7] predice que la electricidad producida a partir de la energía nuclear será de 3.100TWh en 2020 y de 4.100TWh en 2040. Lo que representa un fuerte aumento. Añade que este aumento se dará en países que no pertenecen a la OCDE, liderados por China. De los países de la OCDE sólo apunta que Corea del Sur pueda tener un aumento significativo y que, por el contrario, Canadá y los países europeos reducirán la producción nuclear.

Por otro lado, la IEA [8] considera también que la demanda de electricidad en los próximos años aumentará significativamente, pues substituirá a otras fuentes de energía en su uso final. Estima que en 2040, representará casi un cuarto del consumo energético final en el mundo, y que los países no pertenecientes a la OCDE serán responsables de 7/8 de la demanda de electricidad. Hasta 2040, la generación eléctrica mundial basada en renovables aumentará unos 8.300TWh. El carbón disminuirá su proporción en el mix energético de 2040 y el gas, la energía nuclear y la hidráulica mantendrán sus proporciones actuales. En 2040, la generación basada en energías renovables alcanzará una proporción del 50% en la UE, en torno al 30% en China y Japón, y más del 25% en Estados Unidos y la India.

¿Resurgimiento o declive?

Las expectativas futuras para la industria nuclear no son halagüeñas. Sólo China, India y Rusia están realizando importantes inversiones en la construcción de nuevos reactores nucleares.

En el mundo hay, en julio de 2016, 58 reactores nucleares en construcción, nueve menos que en 2014. Hay que tener en cuenta que 46 de estos reactores se encuentran en Europa oriental y Asia, de los cuales 21 en China. En Europa hay cuatro reactores en construcción (uno en Finlandia, otro en Francia y dos en Eslovaquia) y todos ellos han sufrido retrasos. En 2015 había planes para la construcción de nuevos reactores en China, India, Rusia, Corea del Sur, EEUU, Irán, Japón y Vietnam, sin fecha prevista de inicio de las obras [9]. Es importante destacar, pues ayuda a hacerse una idea de la realidad de la industria nuclear, que entre 1977 y 2016 se suspendieron los trabajos de construcción de 92 reactores por diversos motivos. Esto representa que la construcción de uno de cada ocho reactores se abandonó. Por lo que es prudente suponer que algunos de los planes de construcción de futuros reactores se frustrarán y que las previsiones realistas, respecto a la puesta en marcha de futuros reactores nucleares, deben hacerse a la baja.

En 2015 ha habido un aumento neto de ocho reactores en el mundo —se han abierto diez, ocho

de ellos en China, y se han cerrado dos—. Entre 2006 y 2016 se han puesto en marcha 46 reactores nucleares en el mundo. China conectó a la red eléctrica 25 unidades, India 6, Corea del Sur 4, Rusia 4 y Argentina, Irán, Japón, Pakistán, Rumania y EEUU uno cada país. Está claro que la actividad de inversión en energía nuclear se concentra en Asia. Los mayores inversores en energía nuclear, China e India, han tenido un crecimiento económico enorme los últimos años (del orden del 7% del PIB de media), lo que se traduce en unas necesidades energéticas muy grandes. Ambos estados tienen pocos recursos energéticos propios, excepto carbón, por lo que necesitan realizar grandes importaciones de energía primaria sea del tipo que sea, entre ellas la nuclear. Muestra de esta necesidad urgente de energía es que alguno de los reactores chinos inaugurados durante los últimos años se ha construido en poco más de cuatro años. Tiempo record, si tenemos en cuenta que el tiempo medio de construcción de los últimos reactores ha sido de 10,6 años.

Si todos los reactores cerrasen al cumplir los 40 años de vida prevista, en el año 2020 habría 22 reactores menos que a finales de 2015, suponiendo que todos los reactores actualmente en construcción se hubiesen acabado y fuesen operativos en la fecha prevista (cosa muy poco probable, atendiéndonos a la historia llena de retrasos y fracasos de la puesta en marcha de reactores nucleares). Sea como fuere, dicha hipotética situación representaría una disminución de 1,7GW de potencia instalada. En la siguiente década, 2020-2030, se cerrarían 187 reactores (con una potencia de 175GW). En el caso que se autorizase alargar la vida de todos los reactores, una vez cumplidos los 40 años, en 2020 los reactores operativos solo serían dos más que hoy, con una potencia extra de 17GW.

La incorporación de la energía nuclear en la política energética de un estado es un proceso lento. En los últimos veinte años sólo dos estados han ingresado en el grupo de estados nucleares: Rumanía en 1996 e Irán en 2011, cuando sus reactores nucleares empezaron a producir energía eléctrica. Mientras que en el mismo periodo, otros dos estados clausuraron sus reactores: Kazajstán y Lituania. En los próximos años se espera que, a lo sumo, se incorporen dos estados al grupo nuclear: Bielorrusia y Unión de Emiratos Árabes.

Por otro lado, en 2015, la inversión mundial en energías renovables ha alcanzado los 286.000 millones de dólares. Solamente China ha invertido 100.000 millones, el doble que en 2013. En el caso de las renovables, la contribución china al total de las inversiones es menor que en el caso de la nuclear. India, Gran Bretaña y EEUU también han realizado importantes inversiones en energías renovables. En 2015 la electricidad de origen solar fotovoltaico aumentó en el mundo un 33% y la de origen eólico creció el 17%, mientras que la de origen nuclear aumentó un 1,3% (recordemos que debido a las inversiones en China). Parece claro hacia donde se dirige la nueva inversión energética.

Durante 2015, la producción de electricidad en China a partir del viento alcanzó los 186TWh, superando la de origen nuclear, 161TWh. La misma situación se aprecia en India (41TWh frente a 35TWh de origen nuclear). En la Unión Europea, durante el periodo 1997-2014, las instalaciones que utilizan el viento para generar electricidad han aumentado su producción en 303TWh, la solar también ha aumentado en 109TWh, mientras que la energía de origen nuclear ha disminuido en 65TWh.

A nivel mundial, desde el año 2000, se ha registrado un aumento de la potencia instalada para

generar electricidad a partir del viento de 417GW; la de origen solar ha aumentado 229GW, mientras que la nuclear ha tenido un aumento de únicamente 27GW (incluyendo los reactores que están parados que acumulan una potencia de 35GW).

En resumen, de los datos aportados más arriba está claro que no podemos afirmar que exista un resurgimiento de la energía nuclear a nivel mundial, más bien al contrario. Sí es cierto que ha habido un aumento de la producción mundial de electricidad a partir de la energía nuclear en el último año, pero este aumento es debido casi exclusivamente a China. En los otros países hay un estancamiento o, incluso, una disminución tanto de la cantidad de energía producida como de reactores en marcha. A partir del año 2006, tanto la producción de electricidad de origen nuclear como el número de reactores en servicio empezó a disminuir lentamente y esta tendencia sigue actualmente.

Además de la situación descrita, hemos de añadir que la industria nuclear sigue sin resolver el almacenamiento de residuos de alta actividad, uno de los mayores problemas de esta actividad industrial, tal y como ya se apuntaba en 1976 [10]. Por otro lado, ha quedado demostrado que la industria nuclear es incapaz de resolver los problemas producidos a raíz de una catástrofe nuclear como las de Chernóbil o Fukushima, y que han sido las administraciones públicas quienes han afrontado el problema. Otro aspecto que, en el futuro, puede tener una cierta relevancia en la industria nuclear es el desmantelamiento de las centrales nucleares una vez han agotado su vida útil. Hay poca experiencia en la clausura de los reactores —en octubre de 2015, había 89 reactores nucleares cerrados definitivamente en Europa, pero solo tres reactores (los tres en Alemania) habían sido completamente clausurados [11]—, por lo que es previsible que se necesiten inversiones adicionales para ello. Y no podemos olvidar los efectos sobre la salud humana y el medio ambiente que provoca la actividad industrial nuclear. Actualmente, no es la industria nuclear quien asume dichos costes ni dichos impactos negativos, sino las respectivas administraciones públicas.

Si las inversiones y ayudas públicas a la industria nuclear se dedicasen a las energías renovables descentralizadas, el cambio ineludible de un sistema energético basado en recursos fósiles —petróleo, gas y carbón— y nuclear (todos ellos con reservas limitadas y en declive) a un sistema energético renovable sería mucho más rápido y económicamente favorable.

Notas:

[1] Los datos se han obtenido, si no se especifica lo contrario, de: Mycle Schneider and Antony Froggatt; *The World Nuclear Industry. StatusReport 2016*. Paris, London and Tokio, 2016. <http://www.worldnuclearreport.org/>

[2] International Atomic Energy Agency (IAEA), *Nuclear Power Reactors in the World*. 2016 Edition. Reference data series no. 2. http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/RDS_2-36_web.pdf

[3] Datos obtenidos a partir de los informes de la IAEA de 2016 (ver nota anterior) y de 2015. International Atomic Energy Agency (IAEA), *Nuclear Power Reactors in the World*. 2015 Edition. Reference data series no. 2. <http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/rds2-35web-85937611.pdf>

[4] World Nuclear Association; “Flamanville EPR timetable and costs revised”, *World Nuclear News*; 03 September 2015. <http://www.world-nuclear-news.org/NN-Flamanville-EPR-timetable-and-costs-revised-0309154.html>

[5] Wayne Barber ; “NEI warns more nuclear power plant retirements on the way”, *Electric Light & Power*; 05/23/2016. <http://www.elp.com/articles/2016/05/nei-warns-more-nuclear-power-plant-retirements-on-the-way.html>

[6] Ian Fairlie, *TORCH-2016—An independent scientific evaluation of the health-related effects of the Chernobyl nuclear disaster*, Vienna Ombuds Office for Environmental 2016. https://www.global2000.at/sites/global/files/GLOBAL_TORCH%202016_rz_WEB_KORR.pdf

[7] *International Energy Outlook 2016*, U.S. Energy Information Administration (EIA). [www.eia.gov/forecasts/ieo/pdf/0484\(2016\).pdf](http://www.eia.gov/forecasts/ieo/pdf/0484(2016).pdf)

[8] *World Energy Outlook 2015*. International Energy Agency. <http://www.worldenergyoutlook.org/weo2015/>

[9] International Atomic Energy Agency (IAEA), *Nuclear Power Reactors in the World*. 2016 Edition. Reference data series no. 2. Table 12, p.22. http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/RDS_2-36_web.pdf

[10] Walter C Patterson; *Nuclear Power*, Penguin Books, 1976. Existe traducción española: La Energía Nuclear.

[11] Comunicación de la Comisión Europea; *Programa Indicativo Nuclear*, Bruselas, 4.4.2016. COM (2016) 177 final. p.9

?

?