

PANORAMA ENERGÉTICO Y ENERGÍA NUCLEAR A OCTUBRE DE 2023



GONZALO JIMÉNEZ VARAS

Profesor contratado doctor
ETSI INDUSTRIALES DE LA UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA DE MADRID



ANTONIO GONZÁLEZ JIMÉNEZ

Director de Estudios y Apoyo Técnico
FORO DE LA INDUSTRIA NUCLEAR
ESPAÑOLA



**ALFONSO DE LA TORRE FERNÁNDEZ
DEL POZO**

Comisión de Terminología
SOCIEDAD NUCLEAR ESPAÑOLA

INTRODUCCIÓN

Continuando la tradición iniciada en 2008, este artículo informa sobre la aportación de la generación eléctrica nuclear al mercado energético mundial en 2022 y el detalle de resultados hasta octubre de 2023. Tras un rápido y simplificado análisis del marco energético mundial centrado en el consumo de energía primaria en 2022, se expone con mayor detenimiento lo relacionado con la producción nucleoelectrica tanto en el mundo como en España. El artículo detalla los resultados por países y por tipos de reactor, la continuidad de operación, las nuevas plantas planificadas y propuestas, así como las emisiones que evitan, completándose con un comentario que valora la situación de los desarrollos tecnológicos más destacados.

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA Situación en el mundo

En datos del informe *Statistical Review of World Energy* del *The Energy Institute* de junio de 2023 (anteriormente publicado por BP), el consumo mundial de energía primaria en

el bienio 2021-2022 -desglosado en las distintas fuentes- se muestra en la Tabla 1.

En 2022, el **consumo** de energía primaria **alcanzó los 604,04 EJ**, con un incremento de 6,63 EJ. Se mantiene el protagonismo de los combustibles fósiles (494,05 EJ y 81,79 % del *mix* energético). En el cómputo de reparto mundial por países, los **mayores consumidores** fueron China con el 26,4 % del total y Estados Unidos con el 15,9 %, sumando juntos el 42,3 %, seguidos a distancia por India (6,0 %), Rusia (4,8 %) y Japón (3,0 %). En la UE-27, cuyos países acumulan el 13,2 % del consumo total, Alemania supone el 2,0 % de ese consumo, Francia (1,4 %) e Italia y España, ambos con el 1,0 %. Tras el *brexit*, Reino Unido representa el 1,2 %.

La **tasa de crecimiento fue del 1,1 %**, tras la recuperación del impacto de la pandemia por Covid-19, con un valor anualizado de los últimos 10 años del 1,4 %. Destaca el protagonismo de las renovables con un índice del 7,5 %. Por **zonas económicas**, las tasas de crecimiento en los países pertenecientes a la OCDE fueron del 0,9 %, en los países no pertenecientes del 1,3 % y en los pertenecien-

Año	Petróleo	Gas natural	Carbón	Nuclear	Hidráulica	Renovables	Total
2021	184,86	146,41	160,43	25,33	40,40	39,97	597,41
2022	190,69	141,89	161,47	24,13	40,68	45,18	604,04
Δ 2022/2021	3,15 %	-3,09 %	0,65 %	-4,74 %	0,69 %	13,03 %	1,11 %
Mix 2022	31,6 %	23,5 %	26,7 %	4,0 %	6,7 %	7,5 %	100 %

Datos en exajulios (EJ). 1 EJ = 10¹⁸ julios

Fuente: *The Energy Institute. Statistical Review of World Energy. June 2023* y elaboración propia.

Tabla 1. Consumo de energía primaria en el mundo.

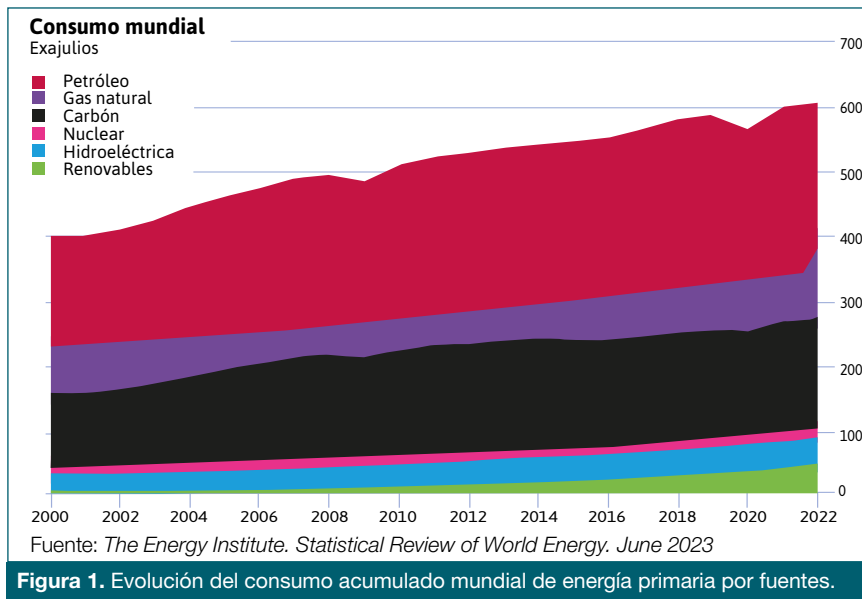


Figura 1. Evolución del consumo acumulado mundial de energía primaria por fuentes.

tes a la UE-27 el -3,5 %. Por **zonas geográficas**, las tasas fueron: Oriente Medio (4,3 %), América Central y Sudamérica (4,1 %), América del Norte (3,1 %), Asia-Pacífico (2,1 %), África (0,3 %), Europa (-3,8 %) y CIS (-5,8 %). En el cómputo ordenado por **los cinco países con mayor peso** en el consumo mundial, las tasas fueron: China (0,9 %), Estados Unidos (2,7 %), India (5,6 %), Rusia (-8,2 %) y Japón (-0,6 %). En la UE-27, cabe destacar las cifras de Alemania (-3,8 %), Francia (-10,8 %), Italia (-3,1 %) y España (3,6 %). Por su parte, Reino Unido registró un 1,6 %.

Los **combustibles fósiles** cubren el **81,8 % de la demanda con una tasa de crecimiento del 0,48 %**. La demanda de **petróleo**, que representó el 31,6 % del total, tuvo una tasa de crecimiento del 3,15 % en exajulios (2,9 millones de barriles/día) hasta un total de 97,3 millones barriles/día. En los países pertenecientes a la OCDE -que consumen el 46,1 % del total mundial- esta tasa fue del 3,4 %, en los países no pertenecientes del 2,9 % y 3,5 % en la UE-27. Estados Unidos fue el mayor consumidor mundial con el 19,0 % del total, seguido por China (14,8 %) e India (5,3 %). El **carbón** le sigue en importancia con el 26,7 % del consumo global y un crecimiento del 0,65 %. En los países no pertenecientes a la OCDE -que consumen el 82,1 % del total- esta tasa de crecimiento fue del 1,6 %, en los países pertenecientes a la OCDE el -3,5 % y en la UE-27 el 2,0 %. China es su mayor consumidor con el 54,8 % del total, seguido por India con el 12,4 % y Estados Unidos con el 6,1 %. El **gas** -que supone el 23,5 % del consumo mundial- tuvo una tasa de crecimiento del -3,1 %. En los países pertenecientes a la OCDE que consumen el 45,6 % del total, la tasa fue -0,9 %, en los países no pertenecientes -4,9 % y en la UE-27 el -13,5 %. Los mayores consumidores fueron Estados Unidos (22,4 %), Rusia (10,4 %), China (9,5 %) e Irán (5,8 %).

La **energía nuclear** cubrió el 4,0 % del consumo mundial con una disminución del 4,7 % respecto al ejercicio anterior. La **energía hidráulica** creció el 0,7 % y supuso el 6,7 % del consumo mundial, y el **resto de las renovables** (eólica, solar, geotérmica y biomasa), que abastecieron el 7,5 % de la demanda, su tasa fue del 13,1 %. Respecto a las renovables, en los países de la OCDE (52,1 % del consumo) ese

crecimiento fue del 11,1 %; en los no pertenecientes del 15,2 % y 9,5 % en la UE-27 (19,1 % del consumo). La Figura 1 muestra la evolución del consumo acumulado mundial de energía primaria en el período 2000-2022.

El **precio medio del barril de petróleo** Brent europeo en 2022 se situó en 101 dólares, incrementándose en más de 30 dólares respecto al precio medio de 2021, el valor más elevado desde 2013, acabando el año en 80,92 dólares. El **precio del uranio**, en los contratos de largo plazo, tuvo en 2022 un valor medio de 49,8 \$/lb U_3O_8 , 13 \$ superior al del año anterior. En los contratos de largo plazo hasta octubre de 2023, ha tenido un valor medio de 56,4 \$/lb U_3O_8 , 6,6 \$ superior al medio de 2022 en el mismo período. Estos grandes

incrementos se deben principalmente a la invasión de Ucrania por parte de Rusia, que ha provocado una gran alteración de los mercados de uranio. Según el último informe disponible de la NEA-OCDE y el OIEA-ONU *Uranium 2022: Resources, Production and Demand*, su abastecimiento cubrirá la demanda del actual parque nuclear mundial en casi 130 años, considerando un precio de 130 \$/kg U.

Situación en España

En 2022, el **consumo de energía** primaria en España creció 0,04 EJ (0,7 %), hasta la cifra de 4,96 EJ. En la Tabla 2 se desglosa por las distintas fuentes. Destaca el crecimiento de carbón (18,4 %). El **mix** de energía primaria consumido estuvo formado por los combustibles fósiles (72,2 %) y, a distancia, por las energías no fósiles, que sumaron el 29,3 %, correspondiendo el 12,9 % a la nuclear y el 16,4 % restante a renovables y residuos. España tuvo un saldo exportador de 0,0713 EJ de energía eléctrica.

La **producción nacional de energía primaria** en 2022 alcanzó 1,45 EJ, con una disminución del 4,3 % y el **grado de autoabastecimiento** fue del 29,3 %. Esta producción se desglosa en la Tabla 3. La dependencia energética exterior española ascendió al 70,70 %, superior al valor medio del 57,5 % de la UE-27 en 2020.

IMPLANTACIÓN MUNDIAL DE LA ENERGÍA NUCLEAR

Parque nuclear y generación nucleoelectrónica en 2022

A 31 de diciembre de 2022 en el mundo había **33 países** con centrales nucleares, con un total de **419 unidades en operación**, dieciocho menos que en el año anterior, con una potencia instalada neta total de 376.547 MW, 12.627 MW menos que el año anterior; y 58 reactores **en construcción** en 17 países, con una potencia neta total de 60.207 MW.

La **energía eléctrica neta generada** fue de 2.544 TWh, algo inferior a la del año anterior (2.653 TWh). Dicha generación representó el 10,3 % del total mundial de electricidad.

Año	Carbón	Petróleo	Gas	Nuclear	Renovables	Saldo Imp-Exp Eléctrico	Residuos no renovables	Total
2021	0,13	2,10	1,23	0,62	0,81	0,00	0,02	4,92
2022	0,15	2,24	1,18	0,64	0,79	0,0713	0,02	4,96
Δ 2022/2021	18,40 %	6,41 %	-3,99 %	3,51 %	-2,69 %	-	-2,71 %	0,70 %
Mix 2022	2,9 %	42,3 %	23,86 %	12,87 %	15,98 %	-1,44 %	0,43 %	100 %

Datos en exajulios (EJ). 1Mtep = 0,04187 EJ.

Fuente: Foro Nuclear. Energía 2023.

Tabla 2. Consumo de energía primaria en España.

Año	Carbón	Petróleo	Gas natural	Renovables	Residuos no renovables	Nuclear	Total
2021	0,00	0,0002	0,0014	0,88	0,02	0,62	1,52
2022	0,00	0,0000	0,0014	0,79	0,02	0,64	1,45
Autoabastecimiento 2022	0,00 %	>0,01 %	0,10 %	100 %	100 %	100 %	29,30 %

Datos en exajulios (EJ). 1ktep = 0,00004187 EJ. Las producciones de gas y petróleo son inferiores a 100 ktep.

Fuente: Foro Nuclear. Energía 2023.

Tabla 3. Producción de energía primaria en España y grado de autoabastecimiento.

En la UE-27, la participación eléctrica nuclear en 2022 fue cercana al 25 %.

A 31 de diciembre de 2022, la energía eléctrica neta de origen nuclear acumulada desde la conexión a la red del primer reactor nuclear en 1951 era de 90.619 TWh.

Es reseñable que de los 33 países con centrales nucleares, 16 sobrepasaron el 15 % de participación eléctrica nuclear y 13 superaron el 25 %, destacando Francia (62,7 %), Ucrania (55 %), Eslovaquia (59,2 %), Bélgica (46,4 %), Hungría (47 %), Eslovenia (42,8 %) y Suecia (29,5 %); y los países con mayor número de plantas en operación eran Estados Unidos (92 unidades), Francia (56), China (55), Rusia (37), Corea del Sur (25) e India (22).

Durante 2022, seis reactores **se conectaron a la red**: uno en Emiratos Árabes (1.345 MW), dos en China (2.061 MW), uno en Finlandia (1.600 MW), uno en Corea del Sur (1.340 MW) y otro en Pakistán (1.014 MW); cinco **pararon definitivamente**: Reino Unido (3), Bélgica (1), Estados Unidos (1), con una potencia total de 3.271 MW; y dos unidades **iniciaron su construcción**: Turquía (1) y Egipto (1), con 2.308 MW.

Desde el año 2000 hasta finales de 2022, la potencia neta total instalada ha aumentado en 35.954 GW, el número de unidades ha disminuido en trece y la energía eléctrica generada anualmente ha decrecido en 68 TWh (hay que tener en cuenta las excepcionales circunstancias del año 2020 debidas a la pandemia por la Covid-19 y desde febrero de 2022 por la invasión de Ucrania por parte de Rusia).

Situación a octubre de 2023

En lo que va de año 2023, cuatro unidades **se han conectado a la red**, una en China, una en Bielorrusia, una en Eslovaquia y una en Estados Unidos, que suman 3.667 MW; una ha **iniciado su construcción** en Egipto (PWR, 1.194 MW); y cinco han **cesado su operación definitivamente**: Alemania (3 PWR, 4.055 MW), China (BWR, 985 MW) y Bélgica (PWR, 1.008 MW).

Como se muestra en la Tabla 4, el parque mundial a octubre de 2023 cuenta con 412 unidades **en operación**,

quince menos que en octubre de 2022, con una potencia neta total de 370.170 MW, lo que supone una disminución respecto de la misma fecha del año anterior de 12.623 MW. El número de reactores **en construcción** es de 58 (dos más que el año anterior) en diecisiete países, totalizando una potencia neta de 60.207 MW.

Los 412 reactores en operación se dividen por tipo de central en siete grupos (entre paréntesis el número de unidades de cada uno de ellos):

- PWR (303 unidades): incluye los reactores de agua a presión, moderados y refrigerados por agua a presión y los del tipo PWR-VVER, con una potencia total neta de 289.308 MW.
- BWR (41): reactores de agua en ebullición y los avanzados de origen estadounidense (ABWR), con 43.071 MW.
- PHWR (46): reactores de agua a presión como refrigerante y agua pesada como moderador, con 24.093 MW.
- GCR (8): reactores refrigerados por gas y moderados por grafito de origen británico - incluye el tipo avanzado AGR-, con 4.685 MW.
- LWGR (o RBMK) (11): reactores refrigerados por agua en ebullición y moderados por grafito, con 7.433 MW.
- FBR (2): reactores reproductores rápidos refrigerados por sodio, con 1.380 MW.
- HTGR (1): reactores refrigerados por gas y moderados por grafito de alta temperatura.

La Figura 2 muestra el número de reactores por años de operación. Se aprecian máximos entre 36 y 42 años, correspondientes a la entrada en operación a finales de la década de 1970 y mediados de la década de 1980, como resultado del aumento en la construcción a raíz de las conocidas crisis del precio del petróleo, observándose en los últimos años un moderado repunte.

A octubre de 2023 hay 58 unidades **en construcción** (60.207 MW) en 17 países: China (con 22); India (8); Turquía (4); Rusia (3); Corea del Sur (3); Egipto (3); Bangladés (2); Japón (2); Ucrania (2); Reino Unido (2); Estados Unidos, Eslovaquia, Emiratos Árabes Unidos, Irán, Argentina, Brasil y Francia. En la Tabla 5 se muestra el número de unidades **en construcción por países y tipo de reactor**.

País	En operación a lo largo de 2022				En operación a octubre de 2023		En construcción a octubre de 2023		Planificados a octubre de 2023		Propuestos a octubre de 2023	
	Uds.	Potencia neta (MW)	Producción neta (TWh)	% del total	Uds.	Potencia neta (MW)	Uds.	Potencia neta (MW)	Uds.	Potencia bruta (MW)	Uds.	Potencia bruta (MW)
Alemania	3	4.055	31,9	5,8	-	-	-	-	-	-	-	-
Arabia Saudita	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2.900
Argentina	3	1.641	7,5	5,4	3	1.641	1	25	1	1.150	2	1.350
Armenia	1	416	3,0	28,6	1	416	-	-	-	-	1	1.060
Bangladés	-	-	-	-	-	-	2	2.160	-	-	2	2.400
Bélgica	6	4.936	41,6	46,4	5	3.928	-	-	-	-	-	-
Bielorrusia	1	1.110	4,7	11,9	2	2.220	-	-	-	-	2	2.400
Brasil	2	1.884	14,5	2,5	2	1.884	1	1.340	-	-	4	4.000
Bulgaria	2	2.006	16,5	4,43	2	2.006	-	-	1	1.000	3	3.000
Canadá	19	13.624	87,4	13,9	19	13.624	-	-	11	6.100	-	-
Corea del Sur	25	24.489	167,3	30,4	25	24.489	3	4.020	-	-	6	8.400
China	55	53.181	444,6	5,0	55	53.181	22	22.724	43	47.360	154	175.250
Egipto	-	-	-	-	-	-	3	3.300	1	1.200	-	-
Emiratos A.U.	3	4.107	10,1	6,8	3	4.011	1	1.310	-	-	-	-
Eslovaquia	4	1.868	15,9	59,2	5	2.308	1	440	-	-	1	1.200
Eslovenia	1	688	5,3	42,8	1	688	-	-	-	-	1	1.000
España	7	7.121	55,9	20,3	7	7.123	-	-	-	-	-	-
Estados Unidos	92	94.718	702,0	18,1	93	95.835	1	1.117	3	2.550	18	8.000
Finlandia	5	4.394	24,2	35,0	5	4.394	-	-	-	-	-	-
Francia	56	61.370	279,0	62,6	56	61.370	1	1.630	-	-	6	9.900
Hungría	4	1.916	14,9	47,0	4	1.916	-	-	2	2.400	-	-
India	22	6.795	46,2	3,1	19	6.290	8	6.028	12	8.400	28	32.000
Irán	1	915	6,0	1,7	1	915	1	974	1	1.057	5	2.760
Japón	17	16.321	51,8	6,1	12	11.046	2	2.653	1	1.385	8	11.562
Jordania	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	100
Kazajistán	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	600
Lituania	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2.700
Méjico	2	1.552	10,5	4,5	2	1.552	-	-	-	-	3	3.000
Países Bajos	1	482	3,9	3,3	1	482	-	-	-	-	2	2.000
Pakistán	6	3.256	22,3	16,2	6	3.262	-	-	1	1.170	-	-
Polonia	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3.750	3	3.000
Reino Unido	9	5.883	43,3	14,2	9	5.883	2	3.260	2	3.340	10	17.000
República Checa	6	3.934	31,0	36,7	6	3.934	-	-	1	1.200	3	3.600
Rumanía	2	1.300	10,2	19,3	2	1.300	-	-	2	1.440	1	720
Rusia	37	27.727	223,4	19,3	37	27.727	3	2.700	25	23.525	21	20.100
Sudáfrica	2	1.854	10,1	4,9	2	1.854	-	-	-	-	8	9.600
Suecia	6	6.937	50,1	29,5	6	6.937	-	-	-	-	-	-
Suiza	4	2.960	23,1	36,4	4	2.973	-	-	-	-	-	-
Tailandia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Turquía	-	-	-	-	-	-	4	4.456	-	-	8	9.600
Ucrania	15	13.107	86,2	55,0	15	13.107	2	2.070	-	-	9	11.250
Uzbekistán	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2.400	2	2.400
Total	419	376.547	2.544,4	10,3 (1)	412	370.170	58	60.207	112	109.427	318	352.852

Fuente: PRIS-OIEA, Foro Nuclear y World Nuclear Association. (1) % del total mundial de electricidad generada (nuclear y no nuclear).

Tabla 4. Reactores nucleares en el mundo en 2022 y a octubre de 2023 (en operación, en construcción, planificados y propuestos).

Autorización para la continuidad de la operación

Según datos del OIEA, la NRC y el Foro Nuclear, en los diferentes países se aplican distintos criterios, como la autorización de operación indefinida de Suiza y República Checa, las autorizaciones adicionales entre 15 y 30 años de Rusia y entre 20 y 23 o hasta 2038 en Finlandia, las de 20 años en Hungría, o más de 40 años de operación, sin especificar,

en Suecia; así como en Holanda y Bélgica, donde se pone límite a la explotación de sus centrales hasta los años 2033 y 2036, respectivamente, o Canadá, hasta 2028. Japón autoriza hasta 60 años de operación, y Argentina hasta 50 años a una de sus plantas. En Estados Unidos, 85 reactores en operación han recibido autorización hasta los 60 años; seis han recibido autorización para 80 años y seis han previsto su solicitud en el próximo año.

La Figura 3 muestra el estado mundial relativo a la autorización de la continuidad de la operación; un total de 193 reactores tienen autorización para más de 40 años de operación, que se desglosa de la manera siguiente: Argentina

(1 autorización hasta 2024), Armenia (1 autorización hasta 2026), Bélgica (3 autorizaciones hasta 2025 y 2 hasta 2036), Canadá (10 autorizaciones hasta 2028 y 2050), China (1 autorización hasta 2041), España (6 autorizaciones hasta 2027, 2028, 2030 y 2031), Estados Unidos (85 autorizaciones a 60 años, 6 de ellas para 80 años de operación y previsión de otras seis), Finlandia (4 autorizaciones hasta 2038), Francia (32 autorizaciones para 50 años de operación), Hungría (4 autorizaciones para 50 años de operación), Japón (6 autorizaciones para 60 años de operación), México (2 autorizaciones hasta 2050 y 2055), Países Bajos (1 autorización hasta 2033), República Checa (5 autorizaciones con tiempo indefinido), Rusia (17 autorizaciones más allá de su periodo inicial de concesión), Suecia (5 autorizaciones con tiempo indefinido), Suiza (4 autorizaciones con tiempo indefinido) y Ucrania (4 autorizaciones de 20 años adicionales desde fecha de concesión).

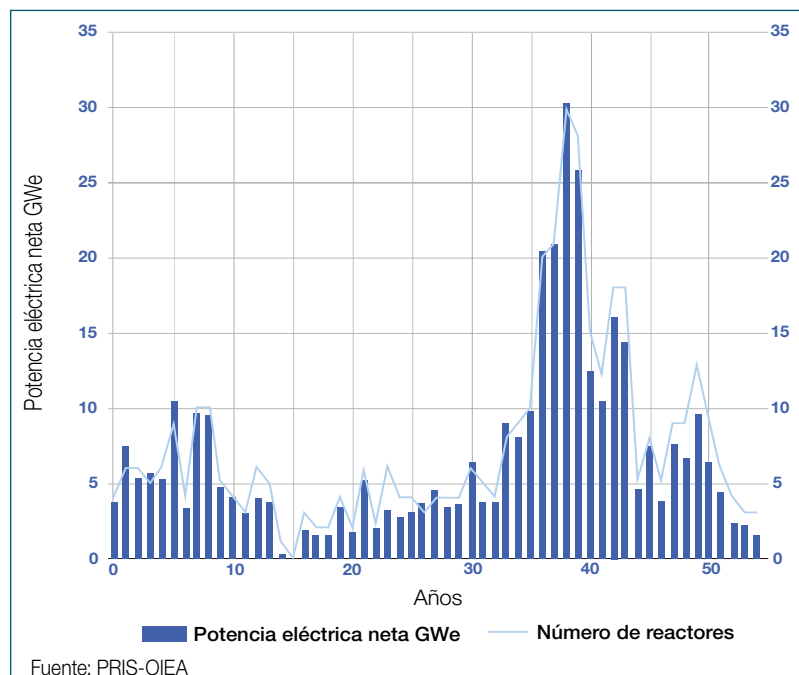


Figura 2. Número de reactores nucleares por años de operación a octubre de 2023.

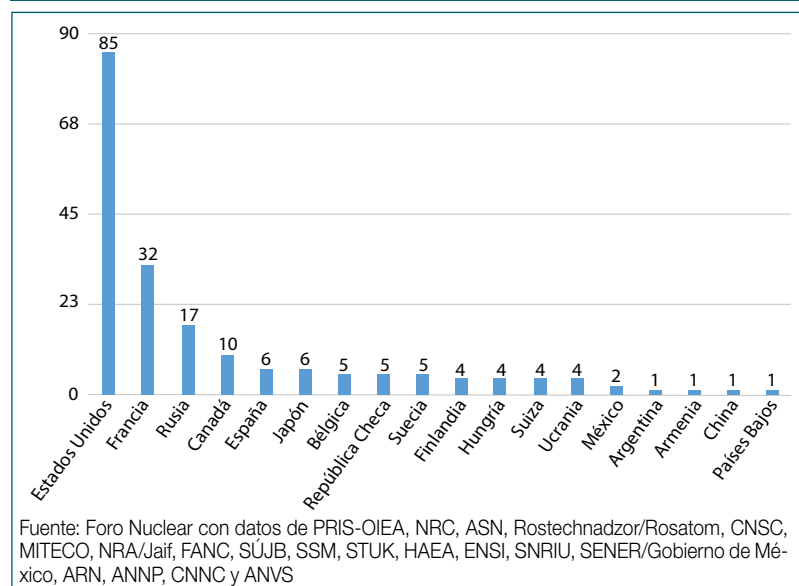


Figura 3. Reactores en el mundo con autorización de explotación para la continuidad de su operación a octubre de 2023.

Indicadores de funcionamiento

Una de las grandes ventajas de las centrales nucleares es su **alta disponibilidad**. En la Tabla 6 se muestran los indicadores de funcionamiento promediados por año e integrales a lo largo del tiempo de las centrales nucleares del mundo desde su conexión a la red eléctrica hasta nuestros días. Los valores integrales tienen en cuenta todas las plantas (en funcionamiento, paradas y desmanteladas) desde el inicio de su operación comercial.

En la evolución histórica de los últimos años, tras la perturbación que introdujo el accidente de Fukushima en 2011, se observa la mejora general de los indicadores de funcionamiento de las plantas a escala mundial. En España, los resultados son netamente más favorables que los de la media mundial, tanto en los valores anuales, como en los integrales, situándose entre los ocho primeros puestos.

Cierre de centrales

Desde el inicio de la explotación comercial de las plantas nucleares hasta octubre de

Tipo de central	Unidades	Potencia neta total (MW)	Países
PWR	48	53.610	Argentina (1), Bangladés (2), Brasil (1), Corea del Sur (3), China (22), EAU (1), Egipto (3), Eslovaquia (1), Estados Unidos (1), Francia (1), India (4), Irán (1), Rusia (2), Turquía (4), Ucrania (2), Reino Unido (2)
BWR	2	2.653	Japón (2)
PHWR	3	1.890	India (3)
FBR	4	2.054	India (1), China (2), Rusia (1)
Total	57	60.207	17 países

Fuente: PRIS-OIEA

Tabla 5. Reactores en construcción en el mundo a octubre de 2023.

Año	Núm. de plantas operadas con datos	Factor de carga (%)	Factor de operación (%)	Factor de disponibilidad (%)	Factor de indisponibilidad no programada (%)
2015	442	73,6	75,7	75,0	3,2
2016	447	73,3	76,3	75,0	4,1
2017	449	73,0	75,2	74,2	4,8
2018	454	74,5	76,2	75,2	3,7
2019	444	73,65	77,5	76,6	4,3
2020	442	74,3	75,7	77,6	4,6
2021	430	79,4	81,1	80,0	4,3
2022	395	80,1	81,7	80,6	5,6
Factores integrales incluidas todas las centrales en operación y paradas desde el inicio de la operación comercial hasta finales de 2022					
Mundial	599	-	79,2	78,1	5,8
España	10	-	86,0	85,1	3,9

Fuente: PRIS-OIEA, Foro Nuclear y elaboración propia.

Tabla 6. Indicadores de funcionamiento de las centrales nucleares del mundo.

2023, se han parado definitivamente un total de 203 reactores nucleares en 21 países, que totalizan una potencia de 98 GW. Sobresalen Estados Unidos, con 41 unidades, Reino Unido (36), Alemania (30), Japón (27) y Francia (14). Le siguen Rusia (10), Suecia (7), Canadá (6), Italia, Bulgaria y Ucrania (4 cada uno); España y Eslovaquia (3); Lituania, Suiza y Corea del Sur (2) y Armenia, Bélgica, Kazajistán, Pakistán y Países Bajos (1).

Centrales nucleares planificadas y propuestas

De acuerdo con la World Nuclear Association (Tabla 4), actualmente existen 112 plantas **planificadas en el mundo**, con una potencia bruta total de 109.427 MW y 318 **propuestas** con 352.852 MW. Los países con más expectativas son China (197 unidades entre ambas opciones), Rusia (46), India (40), Estados Unidos (21), Reino Unido (12), Turquía (8), Japón (9), Corea del Sur (6), Polonia (6) e Irán (6).

En la UE-27, doce países han anunciado la construcción de un total de 24 plantas y tres no prevén nuevas unidades (Alemania, Bélgica y España). Por otra parte, a escala mundial, nueve países (Arabia Saudita, Bangladés, Egipto, Jordania, Kazajistán, Lituania, Polonia, Turquía y Uzbekistán) desean iniciar sus programas nucleares, totalizando 35 plantas.

SITUACIÓN DE LA ENERGÍA NUCLEAR EN ESPAÑA

Generación en el sistema eléctrico

Según datos de Red Eléctrica de España, en 2022 la **producción eléctrica neta** en España fue de 276.315 GWh, experimentando un incremento del 6,3 % respecto al año anterior. Las **generación no renovable** -nuclear, ciclo combinado, cogeneración, carbón, fuel/gas y residuos no renovables- representó el 56,4 % del total, con 155.956 GWh, un 14,7 % más que el año anterior debido al fuerte aumento del 53,1 % de los ciclos combinados y del 55,7 % del carbón y a

HITOS DESTACADOS DEL ÚLTIMO CURSO

Muchos eventos han acaecido en la industria nuclear durante el último año: lo más destacable desde octubre de 2022 es el resurgimiento de los planes de construcción de nuevos reactores en Europa, tras la situación creada por la invasión de Ucrania por parte de Rusia.

Francia anunció en 2022 la intención de construir seis reactores EPR2 antes de 2035 y otros ocho reactores más inmediatamente después. El gobierno francés estima unas necesidades de aproximadamente 100.000 nuevos profesionales altamente cualificados para llevar a cabo su plan de construcción y reemplazo del personal de operación, soporte y mantenimiento de los reactores actuales. Por otra parte, Polonia firmó un acuerdo con Westinghouse para la construcción de seis reactores AP-1000 antes de 2040, siendo estas las primeras unidades en construcción en el país europeo.

Con respecto a los reactores modulares pequeños, son varios los países que han confirmado su interés durante este periodo. Muy recientemente (a principios del mes de noviembre), la República Checa ha aprobado su plan de desarrollo de SMRs para comenzar la construcción de varias unidades en la década de los 2030. Reino Unido también sigue dando pasos en esta tecnología, poniendo en marcha su concurso nacional, en la cual están participando seis compañías: EDF, GE Hitachi Nuclear Energy International LLC, Holtec Britain Limited, NuScale Power, Rolls Royce SMR y Westinghouse Electric Company UK Limited, con diferentes diseños de reactores. Por otra parte, Francia continúa con el diseño del SMR NUWARD, un proyecto liderado por EDF con soporte de CEA, Naval Group, TechnicAtome, Framatome y Tractebel. Recientemente (en el mes de septiembre), los reguladores francés (ASN), finlandés (STUK) y checo (SÚJB) han firmado un acuerdo para facilitar la licencia de NUWARD en sus respectivos países. Por último, otros países europeos como Holanda, Noruega o Rumanía han demostrado también interés por construir reactores modulares pequeños en el futuro.

pesar de la significativa disminución de la cogeneración. La **generación renovable** -eólica, solar, hidráulica, turbinación de bombeo, residuos renovables y otras renovables- produjo un 4 % más, para un total de 120.359 GWh, por el fuerte descenso de la producción hidráulica llegando a su valor mínimo histórico y a pesar de que se registraron máximos de producción eólica y solar fotovoltaica.

La **demanda de electricidad** disminuyó un 2,4 % respecto al ejercicio anterior, un decremento del 3,9 % si se tienen en cuenta los efectos de la laboralidad y las temperaturas. Se situó en un total de 250.421 GWh.

La **demanda máxima del sistema peninsular** se alcanzó en **periodo estival** el 14 de julio a las 15 horas con 38.003 MW, un 15,4 % por debajo de la máxima histórica de diciembre de 2007.

El **saldo eléctrico exterior** fue neto exportador de 19.841 GWh -el mayor de la historia-, tras haber tenido un saldo neto importador en los anteriores siete ejercicios. El saldo neto fue exportador con nuestros cuatro países vecinos: Francia, Portugal, Andorra y Marruecos.

Generación nuclear

En 2022, la **energía eléctrica neta producida por el parque nuclear español** fue de 55.983 GWh, lo que representó el 20,26 % -prácticamente el mismo porcentaje que en el ejercicio anterior- del total de la producción neta del país. La producción bruta fue de 58.589,95 GWh, un 3,5 % superior a la del ejercicio anterior, ya que tan solo se realizaron cuatro paradas de recarga frente a las seis que tuvieron lugar en el año 2021.

La tecnología nuclear lleva doce años consecutivos produciendo más del 20 % de la electricidad consumida en España.

En lo que va de año 2023 (hasta finales del mes de octubre), la producción eléctrica neta ha sido de 45.542 GWh, con un descenso del 2,25 % respecto al mismo periodo del año 2022, debido principalmente a las bajadas de carga requeridas puntualmente por el operador técnico del sistema.

La **potencia eléctrica neta total instalada** a 31 de diciembre de 2022 era de 119.091 MW -un incremento del 5,5 % respecto a la misma fecha del año anterior-, de los que 7.117 MW netos -el 5,98 % del total- correspondían a los siete reactores que conforman el parque nuclear. Se experimentó un importante incremento en las energías renovables, con más de 4.700 MW de solar fotovoltaica y más de 1.800 MW de eólica.

La contribución en términos de potencia neta instalada y producción eléctrica neta de las diferentes fuentes de energía que constituyen el sistema eléctrico español en el ejercicio 2022 se muestra en la Figura 4.

Indicadores de funcionamiento

En los últimos ejercicios, **los indicadores de funcionamiento de las centrales nucleares españolas se encuentran entre los mejores del mundo**, con valores globales en el entorno del 90 %, lo que demuestra su fiabilidad y garantiza el funcionamiento técnico del sistema eléctrico. En la Tabla 7 se presentan los valores correspondientes al ejercicio 2022 y su comparación global con los del año anterior.

Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2023-2030

En junio de 2023, el Gobierno de España presentó a la Comisión Europea una revisión del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 (PNIEC) -que había sido aprobado en marzo de 2021-, **y que previsiblemente habrá de ser aprobada en junio de 2024.** Esta revisión incrementa el objetivo de la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en 2030 en comparación a los niveles de 1990 al 32 % y de la participación renovable en la producción eléctrica hasta el 81 %.

En el Escenario Objetivo de ambas versiones del PNIEC se concreta cuál será la contribución en términos de potencia y energía de las diferentes tecnologías en el sistema eléctrico español cada cinco años hasta el horizonte del año 2030.

Esta nueva versión del Plan no modifica lo ya establecido en el PNIEC 2021-2030 en cuanto a que los siete reactores que conforman el parque nuclear español permanecerán en funcionamiento hasta el año 2027, reduciéndose la potencia nuclear instalada a aproximadamente la mitad de la actual en el año 2030, quedando tres unidades cuya operación cesará progresivamente hasta el año 2035, según el Protocolo de intenciones acordado en marzo de 2019 entre la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos (Enresa) y las empresas propietarias de las centrales nucleares, auspiciado por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO).

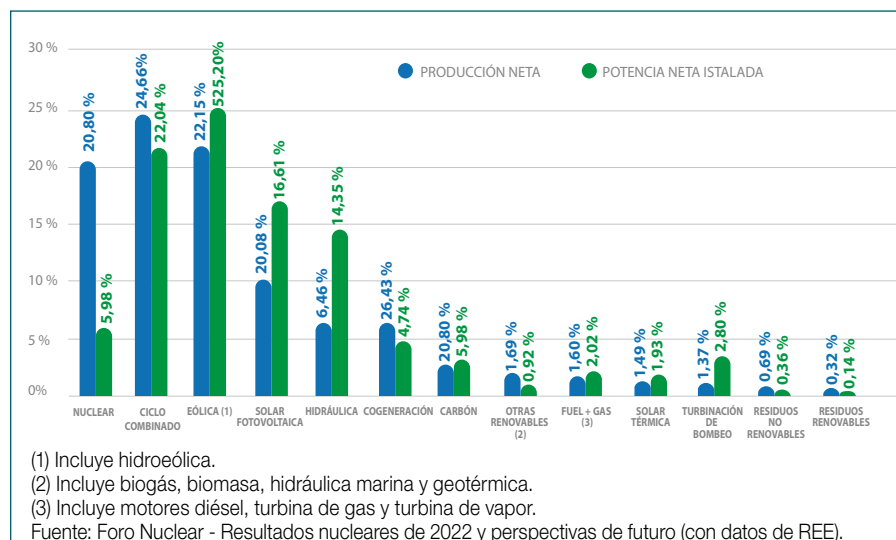


Figura 4. Estructura de la potencia y de la producción netas por fuentes en el sistema eléctrico español en 2022.

Central	Factor de carga (%)	Factor de operación (%)	Factor de disponibilidad (%)	Factor de indisponibilidad no programada (%)	Producción bruta (GWh)
Almaraz I	95,36	97,76	97,30	1,94	8.766,60
Almaraz II	86,52	88,64	87,75	0,79	7.916,34
Ascó I	96,15	99,48	99,20	0,67	8.877,66
Ascó II	88,17	89,41	88,72	0,99	7.933,71
Cofrentes	90,42	90,68	89,81	9,89	8.649,61
Trillo	88,07	89,59	89,41	1,58	8.224,07
Vandellós II	86,33	88,58	87,35	1,33	8.221,96
Global 2022	90,40	91,98	91,32	2,50	58.589,95
Global 2021	87,27	89,30	88,41	2,86	56.564,26

Fuente: Foro Nuclear.

Tabla 7. Indicadores de funcionamiento del parque nuclear español en 2022.

Central nuclear	Inicio de la operación comercial	Cese de operación previsto	Años de operación
Almaraz I	Septiembre 1983	1 noviembre 2027 ⁽¹⁾	44
Almaraz II	Julio 1984	31 octubre 2028 ⁽¹⁾	44
Ascó I	Diciembre 1984	2 octubre 2030 ⁽¹⁾	46
Cofrentes	Marzo 1985	30 noviembre 2030 ⁽¹⁾	45
Ascó II	Marzo 1986	2 octubre 2031 ⁽²⁾ Septiembre 2032 ⁽³⁾	46
Vandellós II	Marzo 1988	27 julio 2030 ⁽²⁾ Febrero 2035 ⁽³⁾	47
Trillo	Agosto 1988	17 noviembre 2024 ⁽²⁾ Mayo 2035 ⁽³⁾	47

(1) Fin de la autorización vigente y cese de la explotación

(2) Fin de la autorización vigente y renovación hasta cese de la explotación

(3) Cese de la explotación previsto

Fuente: Foro Nuclear.

Tabla 8. Calendario de autorizaciones de explotación de las centrales nucleares españolas.

En este sentido, en los años 2020 y 2021, el MITECO concedió las renovaciones de las autorizaciones de explotación de Almaraz I hasta noviembre de 2027, Almaraz II hasta octubre de 2028, Ascó I hasta octubre de 2030, Cofrentes hasta noviembre de 2030, Ascó II hasta octubre de 2031 y Vandellós II hasta julio de 2030. La central de Trillo, cuya autorización de explotación vigente expira en noviembre de 2024, ha solicitado en marzo de 2023 la renovación de la misma hasta noviembre de 2034.

De esta manera, las centrales nucleares españolas van a operar más allá de 40 años, con un funcionamiento medio del parque de 46 años. En la Tabla 8 se muestra el detalle para cada una de ellas.

Emisiones de CO₂ y cambio climático

En 2022, según datos del informe *Statistical Review of World Energy* de The Energy Institute, las **emisiones energéticas mundiales de CO₂** siguieron creciendo, como en los anteriores dos ejercicios. Así, se emitieron un total de 34.374 millones de toneladas, con un crecimiento cercano al 1 % respecto al año anterior. Entre los mayores países emisores figuran China (con el 30,6 % del total), Estados Unidos (14,1 %), India (7,5 %), Rusia (4,2 %) y Japón (3,1 %).

El **parque nuclear mundial en operación evitó la emisión a la atmósfera de más de 2.000 Mt CO₂**, lo que

equivale a casi el 6 % del total de las emisiones vertidas a la atmósfera en el año, siendo la nuclear la segunda fuente baja en carbono tras la energía hidráulica.

En España, el Avance del Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero del Ministerio para la Transición Ecológica estima unas emisiones brutas totales por cualquier actividad (usos energéticos, procesos industriales, agricultura y residuos) de 293,8 millones de toneladas de CO₂ equivalente para el año 2022, lo que supone un aumento respecto al año anterior del 1,7 %.

En el sistema eléctrico nacional, se ha producido un gran incremento de las emisiones de CO₂ equivalente asociadas a la generación, alcanzando los 44,4 millones de toneladas, un 23,8 % más que en 2021, debido al aumento de la producción con ciclos combinados de un 53 % y con carbón de un 55 %.

En comparación, el parque nuclear español evita cada año la emisión a la atmósfera de más de 20 millones de toneladas de CO₂, dependiendo del mix de generación alternativo para sustituir su producción. En 2022, la producción eléctrica libre de emisiones de CO₂ (nuclear, hidráulica, solar, eólica, turbinación de bombeo y otras renovables) fue del 63,8 % del total, casi cinco puntos porcentuales menos que en el ejercicio anterior. **El parque nuclear generó el 31,7 % de la electricidad limpia en España.**