

INFLUENCIA DE LAS CENTRALES NUCLEARES EN LA OPERACION DEL SISTEMA ELÉCTRICO ESPAÑOL

P. MIELGO

Las centrales nucleares en España aportan al Sistema Eléctrico Nacional una potencia bruta instalada de 7.816 MW, lo que constituye el 13% del total; no obstante, en 2002 produjeron 63.007 GWh, el 29% del total de la energía, lo que pone de manifiesto sus elevadas fiabilidad y disponibilidad, por encima de las correspondientes a cualquier otra tecnología. Gracias a ello y a su estratégica ubicación, el parque nuclear español ejerce una influencia determinante en la cobertura de la demanda en términos de energía y en la calidad y seguridad del suministro.

Nuclear power plants in Spain contribute to the National Electric System with a gross installed capacity of 7.816 MW, which means the 13 % of the total power. However, in 2002 they produced 63.007 GWh, accounting for the 29% of the bulk power of the system, which shows its high reliability and availability, above the correspondent to any other technology. Due to this and to its strategic location, the Spanish nuclear power generation performs a determinant impact in the demand coverage in terms of energy and in quality and security of supply.

POTENCIA NUCLEAR INSTALADA EN ESPAÑA

Desde que en 1968 comenzara su vida útil la CN de José Cabrera, son diez los grupos nucleares instalados en España. Los nueve actualmente en funcionamiento aportan una potencia instalada de 7.816 MW al sistema eléctrico español (ver Tabla 1). Esto supone un 13% del total de la potencia instalada en España (ver Gráfico 1), porcentaje muy alejado del existente en otros países de nuestro entorno, como es el caso de Francia, en el que las centrales nucleares proporcionan casi el 80% de la producción eléctrica.

El parque nuclear en España experimentó su máximo desarrollo en la década de los 80, siendo la CN de Trillo, con una potencia de 1.066 MW, la úl-

tima en entrar en servicio en 1988.

Recientemente, en el mes de septiembre de 2002, se anunció el cierre definitivo de la CN de José Cabrera para abril del 2006, dos años antes del cumplimiento de su vida útil, que se cifra en 40 años.

La primera reflexión que suscita desde el punto de vista de la Operación del Sistema esta decisión es la incidencia que puede tener el cierre de esta central en la zona centro (Madrid) si no se instalan nuevos grupos de generación, dado que esta zona es fuertemente deficitaria de generación de energía eléctrica.

Tabla 1.
Parque de generación nuclear

Nombre	P. Bruta (MW)
CN Cofrentes	1.025
CN Trillo	1.066
CN Almaraz Gº 1	974
CN Almaraz Gº 2	983
CN Ascó Gº 1	1.028
CN Ascó Gº 2	1.027
CN Vandellós II	1.087
CN José Cabrera	160
CN Sta María de Garoña	466
TOTAL	7.816

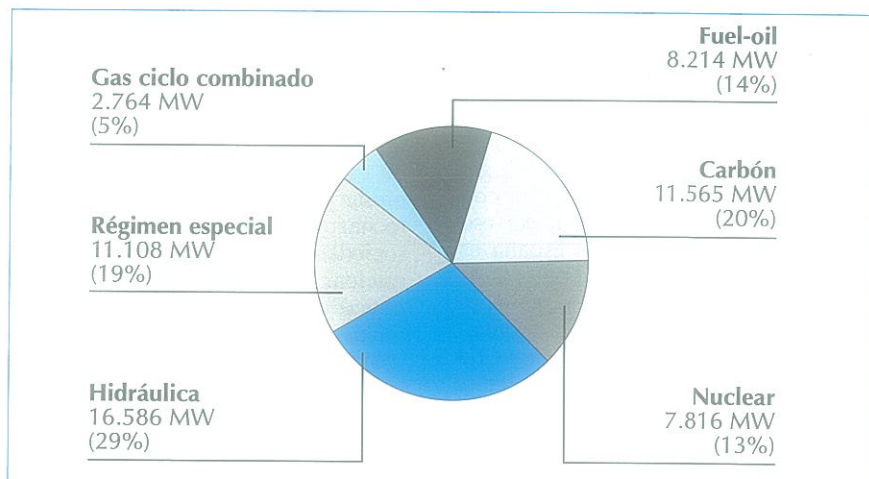


Gráfico 1. Potencia Bruta instalada (MW) 2002

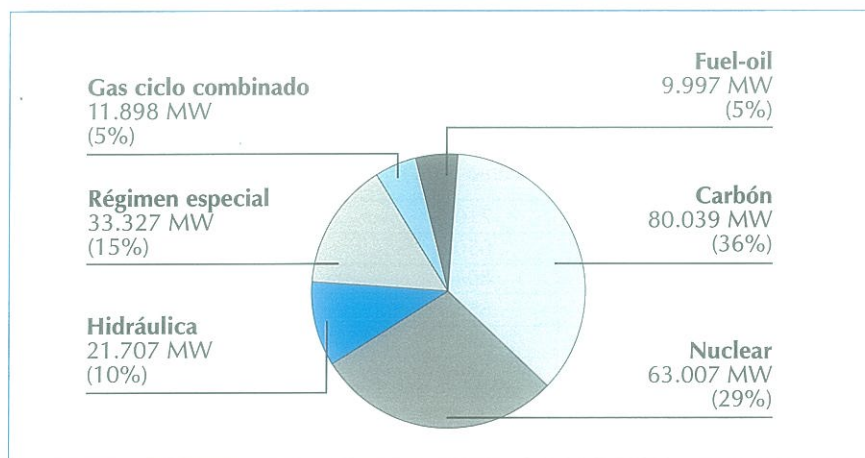


Gráfico 2. Energía Bruta Producida (GWh) 2002.

LA PRODUCCIÓN NUCLEAR Y LA COBERTURA DE LA DEMANDA

La realidad actual revela la necesidad para el Sistema Eléctrico Español de contar con el parque nuclear, a pesar de constituir sólo el 13% de la potencia instalada. La razón para ello se encuentra en su elevada fiabilidad y disponibilidad que están por encima de las correspondientes a cualquier otra tecnología, como veremos posteriormente, y además se sitúan en los primeros niveles a escala mundial.

El equipo nuclear español produjo 63.007 GWh en 2002, cifra que constituye el 29% de la energía producida (ver Gráfico 2). En cuanto a la energía producida, las centrales nucleares sólo son superadas por las centrales térmicas de carbón, que suponen el 36% de la producción eléctrica total.

La potencia hidráulica instalada es superior (29% del total) a la de origen nuclear, pero al ser su disponibilidad función de las reservas hidráulicas, la

energía producida anualmente se sitúa por debajo de la cifra correspondiente a las centrales nucleares.

En cuanto al régimen especial, si bien la potencia instalada también es superior, la energía producida es inferior (15% del total) a la de origen nuclear (ver Gráfico 2). Además, normalmente se trata de una potencia no gestionable por el Operador del Sistema, en especial la procedente de los aerogeneradores, lo que introduce serias incertidumbres en la programación de la cobertura de la demanda eléctrica.

En el año 2002, la energía eléctrica de origen nuclear producida fue de 63.007 GWh que supone un **factor de utilización de 92,2%** del total del parque nuclear español. Además, las paradas efectuadas formaban parte, esencialmente, de los programas de recarga de combustible y revisión anual, como veremos a continuación (ver Gráfico 3).

Tabla 2. Indisponibilidades de los grupos térmicos en 2002

	Nominal (GWh)	Indisponibilidad (GWh)		Indisponibilidad (%)		
		Otras	R.A.	Otras	R.A.	TOTAL
NUCLEAR	68.336,7	418,1	3.784,0	0,61	5,54	6,15
CARBÓN	96.970,4	6.218,9	2.515,2	6,41	2,59	9,01
Hulla + Antracita	51.019,7	3.867,5	1.923,7	7,58	3,77	11,35
Lignito negro	12.384,0	866,1	0,0	6,99	0,00	6,99
Lignito pardo	17.044,3	307,9	29,4	1,81	0,17	1,98
Carbón de importación	16.522,3	1.177,4	562,1	7,13	3,40	10,53
FUEL-OIL	39.602,2	18.649,3	94,1	47,09	0,24	47,33
CICLOS COMBINADOS	30.230,8	6.776,2	891,0	22,42	2,95	25,36

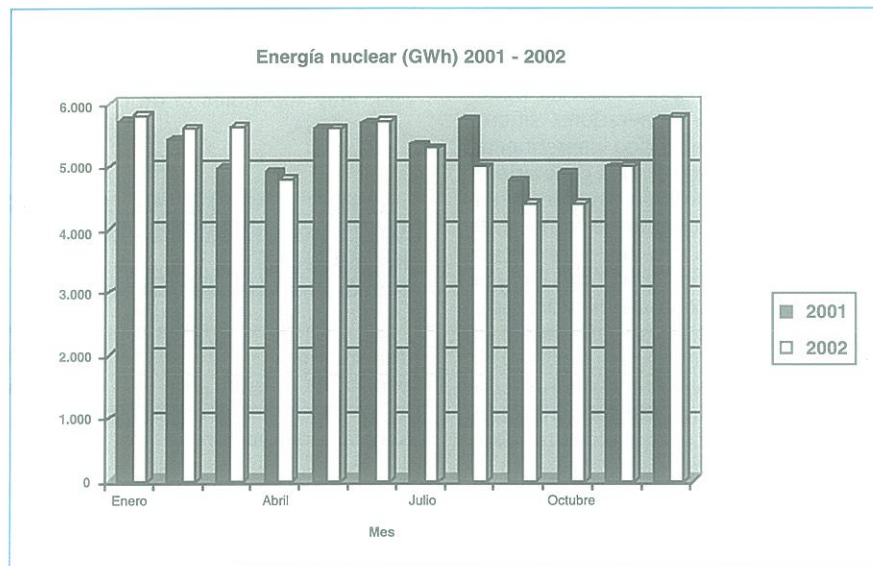


Gráfico 3. Energía de origen nuclear en 2002 (GWh)

La elevada fiabilidad y disponibilidad de las centrales nucleares, tienen una incidencia positiva en la planificación del parque generador, ya que no es necesario un sobredimensionamiento del mismo, como sucede con otras tecnologías no gestionables.

DISPONIBILIDAD DE LAS CENTRALES NUCLEARES

Al margen de la indisponibilidad de los periodos de parada para revisión anual y recarga de combustible, el número de indisponibilidades fortuitas de los generadores nucleares es notablemente inferior al de otro tipo de generadores. Así, como ya se ha indicado, el factor de utilización de los generadores nucleares es superior al 90%.

Se puede observar cómo en el año 2002 las centrales nucleares presentaron

Tabla 3.
Revisión Anual de Centrales Nucleares en 2002

Grupo	Inicio R.A.	Finalización R.A.
C.N. Trillo	4-mayo	10-juni
C.N. Vandellós II	16-marz	17-abri
C.N. Garoña	-	-
C.N. Cofrentes	24-febr	25-marz
C.N. Almaraz 1	8-abri	2-mayo
C.N. Almaraz 2	-	-
C.N. Ascó 1	-	-
C.N. Ascó 2	6-sept	29-sept
C.N. José Cabrera	22-agos	23-octu

la indisponibilidad más baja entre todas las centrales térmicas (ver *Tabla 2*). A esto hay que añadir que del 6,15% de indisponibilidad total, un 5,54% correspondía a revisiones anuales, todas ellas programadas y de incidencia controlada sobre la Operación del Sistema Eléctrico. En este apartado, sólo las centrales de lignito pardo ofrecen una disponibilidad comparable.

En todo caso, como para los restantes generadores, las revisiones anuales y las recargas de combustible se programan en aquellos periodos en los que es menor la incidencia para la operación segura del sistema eléctrico –primavera y otoño-. Dichas paradas suelen tener una duración media de un mes y se producen cada año o año y medio, según las centrales de que se trate (ver *Tabla 3*).

Tabla 4.
Desacoplamientos no programados de las centrales nucleares en 2002

Fecha	Hora	Grupo
4-marz	16:47	C.N. Garoña
5-marz	18:11	C.N. Vandellós II
13-marz	23:11	C.N. Garoña
14-marz	02:39	C.N. Cofrentes
26-marz	18:41	C.N. Garoña
26-marz	21:45	C.N. Cofrentes
27-marz	17:34	C.N. Cofrentes
26-abri	22:16	C.N. Cofrentes
13-mayo	13:01	C.N. Almaraz 1
25-juni	12:12	C.N. Ascó 1
2-juli	14:33	C.N. Ascó 2
14-agos	09:20	C.N. Ascó 2
9-sept	12:26	C.N. Almaraz 1
10-sept	13:55	C.N. Almaraz 1
27-octu	03:53	C.N. Cofrentes
29-octu	23:47	C.N. Ascó 1
12-novi	10:33	C.N. Ascó 1
19-dic	00:58	C.N. Ascó 2

Como ya se ha adelantado, los generadores nucleares presentan una elevada fiabilidad para la Operación del Sistema Eléctrico como consecuencia del reducido número de desacoplamientos no programados. De entre ellos, los que mayor incidencia pueden tener en la Operación del Sistema Eléctrico son los que se producen de forma casi instantánea, lo que se conoce en el argot como “disparo”, término aplicable a cualquier tipo de generador. En el año 2002 se produjeron un total de 18 “disparos” (ver *Tabla 4*).

Los Procedimientos de Operación contemplan esta eventualidad. Así, el P.O. 1.5 establece que: “La reserva mínima necesaria de regulación terciaria en cada periodo de programación será, como referencia, igual a la potencia del mayor grupo de generación acoplado mayorada en un 2% de la demanda prevista en cada hora.” Consecuentemente, el sistema eléctrico debe disponer en todo momento de las reservas secundaria y terciaria capaces de hacer frente a dicha pérdida de generación.

Cuando se produce una pérdida instantánea de un grupo nuclear (1.000 MW), tiene lugar una respuesta inmediata del resto de generadores síncronos del sistema eléctrico interconectado. No sólo responden los generadores españoles sino también los que se encuentran al otro lado de la frontera, lo que se traduce en una inyección de potencia por la interconexión con Francia, vínculo esencial con el resto del sistema europeo. Esto supone un desvío de potencia que es corregido mediante la actuación de nuestra regulación secundaria –bucle secundario de control automático- y de la regulación terciaria –operación manual desde el Centro de Control Eléctrico Nacional de REE (CECOEL), desvío que es corregido en cuestión de minutos (ver *Tabla 5*). Es, por tanto, la existencia de grupos nucleares de 1.000 MW la que determina

Tabla 5.
Desvíos superiores a 600 MW en la interconexión con Francia por desacoplamiento de centrales nucleares

Fecha	Hora	Desvío máximo (MW)	Tiempo Recup. (min)	Grupo
26-abri	22:16	710	3	Disparo C.N. Cofrentes
13-mayo	13:01	650	6	Disparo C.N. Almaraz 1
25-juni	12:13	804	7	Disparo C.N. Ascó 1
2-juli	14:33	653	4	Disparo C.N. Ascó 2
14-agos	09:20	697	4	Disparo C.N. Ascó 2
9-sept	12:28	800	3	Disparo C.N. Almaraz 1
12-novi	12:45	713	6	Disparo C.N. Ascó 1
19-dic	00:58	912	7	Disparo C.N. Ascó 2

la banda de regulación secundaria que deberá programarse en el sistema eléctrico español con objeto de reducir en el menor tiempo posible los desvíos de potencia que sus desacoplamientos no programados provoquen. Si no fuera por esta razón, dicha reserva de regulación podría ser significativamente inferior.

Si bien las indisponibilidades no programadas son escasas, cuando se producen, la normalización de la producción en los generadores nucleares es más lenta que en los hidráulicos, que tiene lugar en cuestión de minutos, o que en los térmicos, que alcanzan el régimen normal en pocas horas. A título de ejemplo, la rampa de subida de carga de la CN de Ascó G^o 2 (ver *Gráfico 4*), tras el disparo del 19 de diciembre de 2002, presentó una duración del orden de 11 horas tras el acoplamiento.

La complejidad de los procesos que gobiernan el funcionamiento de este tipo de generadores y las estrictas medidas de seguridad que se deben observar, hacen que sus tiempos de acoplamiento y desacoplamiento, así como los correspondientes a la subida y bajada de carga sean, como se ha dicho, muy superiores al de otro tipo de generadores.

INCIDENCIA DE LAS CENTRALES NUCLEARES SOBRE EL CONTROL DE TENSIONES Y LAS RESTRICCIONES TÉCNICAS

Las centrales nucleares presentan una incidencia muy positiva sobre el control de tensión y en la solución de las restricciones técnicas, como se justifica a continuación:

Control sobre la generación y absorción de energía reactiva.

El control de la potencia reactiva reviste especial importancia para la

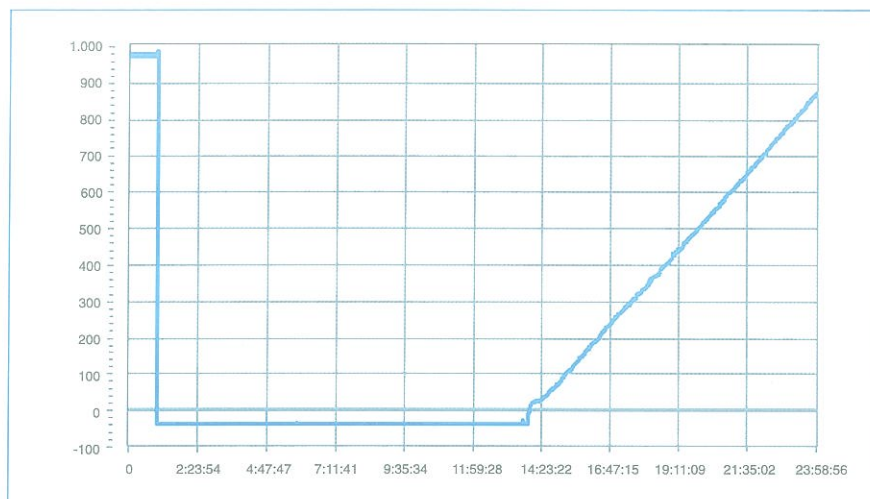


Gráfico 4. Curva de potencia CN Ascó Gº 2 del 19 de diciembre de 2002

Operación del Sistema Eléctrico por su incidencia directa en el control de tensiones, lo que resulta fundamental para el funcionamiento seguro del mismo. Al ser los generadores nucleares grupos de gran tamaño, su capacidad de generación o absorción de energía reactiva es muy importante, controlándose mediante la regulación de la corriente de excitación del alternador, lo que tiene un efecto notablemente positivo para la regulación de la tensión.

Ubicación estratégica en la Red de Transporte.

Otro aspecto fundamental en el control de tensiones en particular, y en la resolución de restricciones técnicas en general, es la ubicación de los centros de generación. Conviene recordar que si bien la energía activa puede transportarse cientos de kilómetros con un rendimiento superior al 98%, no sucede lo mismo con la energía reactiva, dado que en este caso se trata de una variable local, cuya repercusión en el nivel de tensiones decrece rápidamente con la distancia eléctrica. Como ejemplo ilustrativo no generalizable, se puede indicar que la inyección de 100 MVar (potencia reactiva) en un nudo de la zona Centro de la red de transporte de 400 kV, puede suponer un incremento en la tensión de dicho nudo del orden de 3 kV, siendo su efecto muy inferior en los nudos frontera de éste, y completamente despreciable en las zonas Norte, gallega, etc.

En este sentido, las centrales nucleares están perfectamente ubicadas en la red de transporte: CN de Cofrentes en Levante, CN de Trillo y CN de José Cabrera en la zona Centro; CN de Ascó y CN de Vandellós en Cataluña; CN de Santa María de

Garaña en la zona Norte; y CN de Almaraz en Extremadura, con influencia en las zonas Sur y Centro.

Comportamiento ante perturbaciones.

Asimismo, las centrales nucleares ofrecen un comportamiento robusto frente a perturbaciones en la red de transporte, al igual que el resto de la generación en régimen ordinario, en contra de lo que sucede con otro tipo de generación no gestionable por el Operador del Sistema (régimen especial). Con objeto de minimizar los efectos de perturbaciones externas en los generadores, REE y las Empresas Eléctricas abordaron en 1992 el Proyecto ESCENRED, como consecuencia del cual se produjeron mejoras en el comportamiento de la red de transporte y de algunos generadores ante dichas perturbaciones.

PERSPECTIVAS DE FUTURO Y CONCLUSIONES

Es bien conocido que en el futuro la generación eléctrica en nuestro país tendrá una fuerte base de producción con tecnologías asociadas a energías renovables, especialmente de origen eólico, y de centrales de ciclo combinado cuyo combustible es el gas natural. Además, hay que considerar que no es posible incrementar significativamente la capacidad de generación hidráulica, cuya producción, por otra parte, depende de la bondad del año hidrológico.

Con todo esto, y a la vista de las restricciones en el suministro de gas que pueden darse en las puntas de consumo y el riesgo que supone la dependencia

del suministro exterior, por ser éste un combustible que debe ser importado en su práctica totalidad y depender dicho suministro de condiciones meteorológicas para el transporte marítimo, y de otras de carácter geopolítico, cabe pensar que la energía nuclear presenta frente a las fuentes de energía mencionadas una mayor autonomía energética y disponibilidad operativa, al igual que sucede con las centrales térmicas de carbón. Sin embargo, por las emisiones que éstas últimas presentan, se encuentran en desventaja frente a las centrales nucleares, especialmente si se considera que España ha adquirido unos compromisos en ese sentido derivados de los acuerdos de Kioto.

Aunque es cierto que la energía nuclear es objeto de oposición social y es preciso avanzar en el tratamiento de los residuos radioactivos, no debe descartarse en el medio plazo como fuente de suministro energético, si bien deberán ser las Autoridades competentes quienes determinarán si las ventajas que presenta la energía de origen nuclear son suficientemente importantes como para superar a los inconvenientes asociados a su funcionamiento. A partir de ese instante, el futuro de la generación nuclear en España quedará determinado con precisión.



Pedro MIELGO ÁLVAREZ es ingeniero industrial por la Universidad Politécnica de Madrid, PDD por el IESE y graduado en Marketing por la Universidad de Stanford.

Su carrera profesional se ha desarrollado en empresas del sector petroquímico, energético, de ingeniería y de comercio exterior. Ha tenido a su cargo proyectos de generación y transporte de energía en España y en el extranjero. Desde 1991 fue Director Comercial para todas las líneas de negocio de Intec. También ha sido Director General de Inixport. Desde 1997 es presidente de Red Eléctrica de España.

Es miembro del Consejo de Administración de la Compañía Operadora del Mercado Español de Electricidad, S.A., y de los comités directivos de diversas organizaciones nacionales e internacionales.