



Congreso Nacional del Medio Ambiente
Cumbre del Desarrollo Sostenible

COMUNICACIÓN TÉCNICA

Ante el reto de actuar: El panorama energético y la opción nuclear

Autor: Antonio González Jiménez

Institución: Foro de la Industria Nuclear Española
E-mail: agj@foronuclear.org



RESUMEN:

La energía nuclear se utiliza desde hace 40 años en la producción eléctrica comercial. Actualmente se cuenta con un parque de más de 435 centrales en operación, con indicadores de funcionamiento muy satisfactorios, cubriendo el 17% de la demanda eléctrica mundial, el 24% en la OCDE y el 32% en la Unión Europea. Es una tecnología que no produce gases de efecto invernadero, que garantiza el suministro y modera el precio energético ante la volatilidad de los combustibles fósiles y la dificultad de mantener fuertemente primadas las energías renovables durante largos períodos de tiempo. El futuro a 20 años vista muestra un fuerte crecimiento en la demanda energética focalizado en algunos países emergentes, con la supremacía de los combustibles fósiles que seguirán ocupando el 80% del consumo. La actual situación de incremento de los costes de la energía redundará en alentar y financiar programas de I+D+i en todas las alternativas energéticas, y en el ahorro y la eficiencia. La energía nuclear no compite con las energías renovables que deben ser indudablemente desarrolladas y apoyadas, ocupando el mayor espacio posible en el abastecimiento, pero sabiendo que son complementarias y no sustitutivas de los combustibles fósiles y nucleares, por ser intermitentes. La garantía del suministro prima en cualquier decisión energética. No se pueden proponer hoy como solución cierta y segura para las necesidades de los más de 8.000 millones de seres humanos que seremos en 2030, tecnologías que en la actualidad no están maduras ó solo son ideas de laboratorio. El discurso político no debe suplantar a la realidad científica pues no puede haber errores en la gestión de la energía. Nuestra civilización debe modificar sus hábitos de consumo promocionando activamente la eficiencia y el ahorro energético y resolver la cuestión medioambiental surgida por la aceleración del calentamiento terrestre a causa de la actividad humana con sus vertidos de CO₂ y otros gases de efecto invernadero a la atmósfera, con el cumplimiento del protocolo de Kioto que los restringe y ahora continuados en la cumbre de Bali. La energía nuclear, por sus características, jugará un importante papel dentro del panorama energético futuro, condicionado por la obligación de garantizar el suministro, la importancia de las fuentes competitivas y la absoluta necesidad de intentar controlar el cambio climático.



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN

2. LA INDUSTRIA NUCLEAR ESPAÑOLA

- 2.1. Hacia una industria nuclear en España
- 2.2. Capacidad creada y situación actual
- 2.3. La exportación y las actividades futuras

3. LAS CENTRALES NUCLEARES ESPAÑOLAS

- 3.1. Titularidad
- 3.2. Producción
- 3.3. Potencia
- 3.4. Indicadores de funcionamiento
- 3.5. Autorizaciones de explotación
- 3.6. Paradas de recarga

4. ANÁLISIS ECONÓMICO DE UN PROYECTO DE AMPLIACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ELÉCTRICA NUCLEAR EN ESPAÑA

5. CONCLUSIONES



1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años el escenario energético mundial y europeo ha cambiado sustancialmente. Se ha producido un aumento importante de la demanda energética y particularmente de la eléctrica, incrementada de forma espectacular por el desarrollo de países emergentes como India o China.

Las medidas de ahorro y eficiencia energética son necesarias y deben establecerse, tanto en el campo tecnológico como en el social, pero no hay que olvidar que a corto y medio plazo estas medidas sólo podrán aplicarse en los países industrializados.

Para cubrir esta escalada de la demanda debería incrementarse, en los próximos años, la construcción de centrales nucleares con reactores avanzados, las centrales de carbón con captura y almacenamiento de emisiones y las energías renovables, cada una dentro de sus posibilidades técnicas.

España es una isla eléctrica que está débilmente interconectada con los países vecinos, lo que la aísla del gran mercado europeo, y además no cuenta con recursos naturales. Las importaciones energéticas superan el 80% de nuestras necesidades, por lo que resulta muy vulnerable ante los movimientos del mercado, tanto en los precios como en las posibles interrupciones ocasionadas por acontecimientos en los países productores, no siempre estables.

En España, la demanda de electricidad ha crecido en los últimos años a un ritmo de un 4%. El gestor de la red eléctrica es el encargado de casar la oferta con la demanda, tanto en energía como en potencia instantánea. En un sistema aislado como el español es necesario un margen considerable de potencia que permita atender las puntas de la demanda y los fallos de suministro de las fuentes que dependen de factores impredecibles.

Es muy importante disponer de centrales que aporten gran cantidad de energía de forma fiable, para garantizar el suministro en base y estar disponibles siempre en los momentos de demanda muy alta. Tal es el caso de las centrales nucleares, que con un 8,5% de la potencia instalada producen alrededor del 20% de la electricidad consumida en el país.

Las centrales nucleares españolas han funcionado durante los últimos decenios con un comportamiento excelente, ocupando muchas veces los primeros puestos en la lista de las centrales mundiales de mejor rendimiento. Su papel es insustituible en la cesta de energías que surten el mercado español, y constituyen un recurso importante en la lucha contra el efecto invernadero.

En los últimos años se están alzando voces que defienden el aumento de la contribución nuclear como indispensable para enfrentarse a los retos del calentamiento global y a la garantía de suministro en condiciones competitivas.



2. LA INDUSTRIA NUCLEAR ESPAÑOLA

En la etapa inicial de investigación y desarrollo, los esfuerzos nucleares en todo el mundo corrieron a cargo de laboratorios estatales de distintos países, operados en algunos casos por grandes empresas industriales y auxiliados por industrias especializadas que suministraran equipos y servicios de alta calidad, fuera de sus líneas habituales de producción. Las primeras actividades industriales nucleares fueron las del ciclo del combustible y la construcción de equipos propulsores de submarinos nucleares. Con la base tecnológica adquirida, las empresas participantes en estos programas procedieron, inicialmente con ayuda estatal, a comercializar los llamados reactores de potencia, corazón de las centrales nucleares para la producción de energía eléctrica.

Desde el principio, la actividad industrial nuclear quedó regulada por las autoridades para garantizar la seguridad de las centrales y la protección del público, llegándose así a una estructura industrial de gran calidad. Para ello se creó un sistema de normas de seguridad y se aplicaron los conjuntos de normas y códigos industriales disponibles a la sazón, como las de la Asociación Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME) o las conocidas normas alemanas DIN. Con el tiempo, estas normas fueron incorporando secciones específicamente nucleares. Estos códigos aseguran que los bienes producidos y los servicios prestados con arreglo a ellos se basan en la mejor práctica disponible en cada momento.

Al mismo tiempo, hacia el final de los años 60 se desarrolló el concepto de garantía de calidad, que amplía el simple control de calidad, evitando rechazos e imponiendo la documentación rigurosa de todas las operaciones que han de desarrollarse de acuerdo con normas y especificaciones previamente cualificadas y aprobadas. Este sistema se aplica en todas las actividades de la industria nuclear, incluyendo el ciclo de combustible, la provisión de equipos y servicios, la operación de las centrales, los servicios de mantenimiento, el desmantelamiento de las instalaciones y la gestión de los residuos radiactivos. La excelencia y fiabilidad del funcionamiento de instalaciones construidas y operadas con arreglo a estas pautas han sido un ejemplo para otros sectores industriales, que se han beneficiado de los grandes avances tecnológicos logrados por la industria nuclear.

La industria nuclear comprende multitud de empresas, públicas y privadas, que actúan en los distintos campos tecnológicos. Destacan entre ellas las entidades explotadoras de las centrales, las que diseñan y suministran los llamados sistemas nucleares de generación de vapor, y las que se ocupan de las distintas fases del ciclo del combustible nuclear, incluida la gestión de los residuos.

2.1. Hacia una industria nuclear en España

La industria española viene suministrando la ingeniería, los equipos, la construcción y montaje, los combustibles, la puesta en marcha y los servicios que las centrales necesitan para su operación. Toda esta estructura industrial, que pasa inadvertida a los ojos del público, se formó durante la construcción de las centrales y ha evolucionado, adaptándose a las circunstancias del momento, con la incorporación de nuevas tecnologías adecuadas a las necesidades y requisitos actuales.



En instalaciones tan complejas como las centrales nucleares actúan multitud de agentes industriales y comerciales, debidamente coordinados por el titular de la instalación, ayudado en muchos casos por empresas de ingeniería, y controlados en todo momento por el organismo regulador, en España el Consejo de Seguridad Nuclear.

La estructura industrial nuclear en España comenzó a crearse en los años 1960, como consecuencia de las decisiones de construir las centrales nucleares de José Cabrera, Santa María de Garoña y Vandellós-1. La Administración promovió activamente este desarrollo industrial, por las razones conocidas de creación de puestos de trabajo cualificados y el avance tecnológico que había de contribuir a la mejora general de la industria. Además, existían entonces razones de disponibilidad de divisas y consideraciones de independencia del exterior en un sector estratégico, incluso por la necesidad de disponer de servicios técnicos adecuados cuando las centrales estuvieran en funcionamiento.

Las tres primeras centrales, que fueron construidas por el procedimiento “llave en mano” por contratistas principales extranjeros, contaron con la colaboración de empresas españolas de ingeniería, construcción y montaje, así como fabricantes de equipo, sobre todo eléctrico. Esta actividad, seguida estrechamente por el Ministerio de Industria, permitió la familiarización de la industria con las nuevas normas y requisitos nucleares. En la siguiente etapa (centrales de Almaraz, Ascó, Cofrentes y Lemóniz, esta última cancelada posteriormente) se adoptó la contratación por componentes, alcanzando una gran importancia la industria de ingeniería y la de bienes de equipo, en instalaciones existentes pero con métodos modernizados y adaptados a los nuevos conceptos de garantía de calidad. Durante la tercera etapa (Vandellós-2, Trillo1, Trillo-2 y Valdecaballeros, las dos últimas canceladas más tarde), llegó a su madurez la industria nuclear, con la construcción de fábricas de nueva planta, tanto de equipos como de combustible, y el funcionamiento de un número de empresas de servicios especializados. En el momento de máxima actividad, en los años 80, trabajaban directamente en la industria nuclear más de 20.000 personas, entre ellas más de 5.000 técnicos de alta cualificación. A estas cifras hay que agregar casi otros tantos de empleo indirecto, en múltiples empresas suministradoras de bienes y servicios. Toda esta actividad implicó un importante esfuerzo de asimilación de tecnología y de formación de técnicos y especialistas.

Los resultados de los esfuerzos fueron muy positivos, llegándose a un parque nuclear de gran calidad, a unos equipos de operación muy expertos y a cifras muy altas de participación nacional, como se puede comprobar en la tabla siguiente:

(%)	Primera Etapa	Segunda Etapa	Tercera Etapa
Equipo	24	50	75
Ingeniería	60	75	100
Construcción	70	100	100
Montaje	80	100	100
Total	43	75	85



Durante la operación de las centrales la actividad se centra en los operadores, los suministradores de combustible, las empresas de servicios especializados y las empresas responsables de la gestión de los residuos radiactivos, disminuyendo la aportación de los suministradores de equipos y de las empresas de construcción. Por fin, al término de la operación de las centrales, llega el turno de las empresas que se ocupan del desmantelamiento de las instalaciones y la gestión de los residuos producidos.

Toda esta infraestructura se fue creando durante los años de construcción de las centrales y contribuyó en gran manera al establecimiento de una “cultura de la seguridad” que se ha extendido a la industria española en general. Algunos se refieren a esta “cultura” como la práctica de “hacer las cosas bien aunque no te controlen”.

2.2. Capacidad creada y situación actual

Las empresas que actúan en el campo nuclear, aparte del ciclo del combustible y de la gestión de residuos, se clasifican según sus especialidades. La industria nuclear española alcanzó una gran dimensión en los años en que se construyeron las centrales españolas. Las actividades internacionales en aquellos años se consideraban como complementarias. En todo caso, la industria estaba preparada para el mercado internacional, pues en la construcción de centrales nucleares toda la estructura técnica de normas, especificaciones, planos, cualificaciones, ejecución, inspecciones y documentación es la usada a nivel mundial, y las empresas estaban familiarizadas con los clientes y las agencias de inspección y con los usos internacionales. Por otra parte, muchas de ellas poseían la certificación de las principales entidades de clasificación, como ASME y otras para la normativa americana o TÜV para las normas alemanas VDE Merkblätter.

- Las empresas eléctricas, responsables en su día de la construcción de las centrales y después de la operación de las mismas, han ampliado su actuación a los estudios de optimización del funcionamiento, mantenimiento, gestión de mejoras en el equipo y procedimientos, gestión del ciclo del combustible y desarrollo de nuevos reactores.
- Los proveedores de sistemas nucleares. En España se tomó en su momento la decisión de no constituir una sociedad de sistemas ligada mediante licencia a algún proveedor extranjero, lo que habría forzado prácticamente a elegir un solo tipo de reactor (decisiones análogas se han tomado en otros países desarrollados; otro ha sido el caso de Corea del Sur, que formó, con una gran visión de futuro, una estructura completa empezando por el proveedor de sistemas, con licencia americana; el país dispone hoy de 20 unidades nucleares). Los proveedores internacionales, presentes en España mediante delegaciones, suministraron las primeras centrales llave en mano y más tarde los Sistemas Nucleares de Generación de Vapor (NSSS) para las centrales nucleares sucesivas, además de apoyar el acceso de la industria española a los usos y estándares nucleares. Hoy prestan a las centrales servicios de apoyo en la operación y el mantenimiento y, desde luego, desempeñarán un papel muy importante en los futuros esfuerzos nucleares del país.



Los proveedores nucleares se han reagrupado en los últimos años, en consonancia con la globalización creciente y el gran desarrollo de los mercados asiáticos. Todos ellos ofrecen reactores de agua ligera y tienen una fuerte presencia en España:

- El grupo Westinghouse, que absorbió en su día a Combustion Engineering y a la sueco-suiza ASEA-Brown Boveri, y que está controlado hoy por la japonesa Toshiba.
- El grupo General Electric, hoy asociado con la japonesa Hitachi.
- El grupo Areva, formado por Framatome y Siemens y controlado por el Comisariado de Energía Atómica, que constituye una excepción en la tendencia a la globalización, al no aprovechar la oportunidad de formar un gran grupo europeo, con participación de otros países.

En lo referente a los sistemistas sin presencia en España hay que citar a la empresa canadiense AECL, suministradora de reactores de agua pesada. Ya se ha citado el caso de Corea. Rusia dispone también, tras varias reorganizaciones, de su proveedor nacional de reactores VVER modernizados. China e India disponen así mismo de proveedores propios de los reactores autóctonos, adaptados de modelos occidentales, pero prevén en el futuro encargarse también de los suministros de los diseños extranjeros avanzados, adaptados a sus condiciones.

- Las empresas de ingeniería, que aprovecharon su experiencia en el proyecto y la construcción de centrales térmicas para crear una importante capacidad de ingeniería de centrales nucleares, apoyo en la gestión de la construcción de centrales nuevas y apoyo en la operación y en el mantenimiento de las centrales en funcionamiento. Desde el principio, las empresas españolas de ingeniería colaboraron con contratistas principales extranjeros (Bechtel, Gibbs and Hill, Stone & Webster, etc). A partir de la segunda etapa de centrales la situación se invirtió, siendo las empresas españolas los contratistas de los propietarios, utilizando a las empresas extranjeras durante un tiempo como consultores y asumiendo después la responsabilidad total. Las principales empresas de ingeniería españolas que actuaron en el campo nuclear fueron Empresarios Agrupados, Initec (hoy del grupo Westinghouse), Sener e Inypsa. Aunque algunas de estas empresas han reducido en los últimos años sus efectivos dedicados al campo nuclear, en gran medida han mantenido sus capacidades para el servicio al parque nuclear español y una fuerte actividad de exportación. Desde luego, todas ellas tienen la experiencia necesaria para tomar parte en un fuerte despegue nuclear. Recientemente se han incorporado a este campo filiales de las empresas eléctricas, como Socoin e Iberdrola Ingeniería y Construcción, así como IDOM. En el futuro y en vista de los cambios en los sistemas de contratación otras empresas como Técnicas Reunidas podrían entrar en el campo nuclear.
- Los proveedores de equipo. Este sector se formó, como se ha dicho, sobre la base de la industria existente y la adición de nuevas capacidades, especialmente de fabricación de los equipos principales y los turboalternadores, pero también de grúas, válvulas, tuberías y accesorios, cambiadores de calor, máquinas de manipulación del combustible y un largo etcétera de elementos sometidos a estrictos sistemas de garantía de calidad. Quedó constituida una industria capaz de suministrar la mayor parte de los bienes de



equipo, tanto grandes (como turbinas, alternadores, grandes grúas, etc.), como medianos o pequeños (recipientes, cambiadores de calor, tuberías, válvulas, accesorios, soportes, etc.). Empresas como Babcock Wilcox, Mecánicas Asociadas, E.N. Bazán, Walthon-Weir y muchas otras entraron firmemente en el campo nuclear, y comenzaron a actuar empresas proveedoras de subsistemas completos. Para los equipos eléctricos nunca hubo problemas de capacidad. El nivel alcanzado por la industria en el momento de plantearse la tercera etapa, que se preveía muy ambiciosa, animó a las autoridades industriales a promover un nuevo incremento de la capacidad de fabricación, para llegar a participaciones del orden del 75%, consideradas como el límite práctico, que excluía materias primas y otros subcomponentes propios de fábricas de un umbral económico superior al permitido por el mercado español. En esta línea se estableció la empresa Equipos Nucleares, inicialmente privada y después del INI, que construyó una gran fábrica en Santander, con capacidad para fabricar vasijas de presión, generadores de vapor, presionadores y otros componentes primarios de alta cualificación.

En el campo de los bienes de equipo mecánico, al decretarse la moratoria nuclear en 1983 la industria prosiguió hasta terminar los suministros pendientes para Trillo y Vandellós-2 y hubo de tomar decisiones importantes. Algunas industrias que tenían la actividad nuclear como una división más la suprimieron y acomodaron el personal en el resto de la empresa. Otras conservaron la capacidad, pero reasignando el personal. Generalmente en este tipo de empresas quedaron en desuso los sistemas de garantía de calidad y, no se obtuvieron o revalidaron las certificaciones de ASME. En todo caso, el sector perdió parte de su personal experto. La mayor parte de las empresas con actividad nuclear importante trazaron su estrategia en tres direcciones: fabricaciones en campos afines, servicios nucleares y exportación nuclear.

La industria nuclear actual es la que ha tenido éxito en la última de estas direcciones. Son varias las empresas que han mantenido la actividad de sus divisiones nucleares, con exportaciones frecuentes y conservando la capacidad y organización necesarias para no perder, en su caso, las cualificaciones. Pueden citarse las ya mencionadas Equipos Nucleares y Ringo Válvulas, heredera de Walthon-Weir. Se han creado además empresas nuevas o transformadas de otras anteriores, como Vector Valves en el suministro de válvulas o Inabensa, que actúa en el campo de los equipos eléctricos y de control. Otras empresas tradicionales como Duro Felguera o Dragados podrían reanudar la actividad nuclear si cambiara la situación del sector.

- Las empresas de construcción y montaje, que estaban ya establecidas y que se adaptaron sin dificultad a los nuevos requisitos de calidad. Es importante el efecto locomotora que la energía nuclear ha tenido en el sector del montaje e instalaciones industriales. Por un lado, y en lo estrictamente nuclear, ese tirón supuso un cambio cualitativo en temas tales como la garantía de calidad y la conformidad respecto de normas de exigencias especiales. Ello afectó a campos considerados en gran medida como convencionales, como los grupos electrógenos. Por otro lado el tirón afectó también positivamente a las industrias más convencionales, por motivos de potencias unitarias y dimensiones de los equipos a montar. Ello ha tenido repercusiones muy positivas en otros ámbitos, incluyendo el despliegue de las energías renovables, y en particular en sus componentes y montajes electromecánicos. Sin un bagaje tan sólido



como el adquirido en la expansión nuclear, dicho despliegue podría haber sufrido cuellos de botella importantes. Es imposible citar todas las empresas que actúan eficazmente en este campo, pero como ejemplo destacaremos a Coapsa, en el control y automatización de procesos industriales; GES, anteriormente del grupo Gamesa; Tamoin y otros, además de los grupos constructores tradicionales.

- Las empresas de servicios especializados, especialmente Tecnatom, que tuvo un papel importantísimo en la ingeniería, construcción, y puesta en marcha de la primera central nuclear española de José Cabrera y orientó después sus actividades al proyecto y suministro de simuladores, formación y entrenamiento de operadores, inspección en servicio y desarrollo de sistemas de apoyo y mejora en la explotación, contando entre sus clientes a todas las empresas nucleares españolas y un gran número de entidades extranjeras.

Otras empresas que actúan en campos específicos son Lainsa, el grupo Eulen, Amphos XXI y Medidas Ambientales, entre otros.

2.3. La exportación y las actividades futuras

En los últimos años, las empresas eléctricas propietarias de las centrales, los proveedores de combustible y las empresas de servicios especializados continúan su actividad a pleno ritmo. El resto de la industria atiende las necesidades nacionales y se abre con éxito a la exportación, en un mercado bastante estrecho. La dimensión de la industria se ha ajustado a la nueva situación y puede estimarse que en España hay actualmente más de 30.000 personas, incluyendo más de 10.000 titulados, empleadas en el sector nuclear.

Continúan hoy las actividades de suministro de ingeniería y componentes para reparaciones o modificaciones, suministro de combustibles y servicios de inspección durante el funcionamiento, así como prestación de servicios de apoyo a las recargas y de protección radiológica. Hacia el exterior tienen menor dimensión los servicios de apoyo al funcionamiento y de montaje y construcción. El resto de prestaciones de la industria corresponde a actividades del tipo de las que se llevaban a cabo durante la construcción de las centrales, pero con un contenido tecnológico más moderno y competitivo y un alcance que cubre más sectores. Por otra parte, las empresas españolas toman parte en las actividades internacionales de proyecto, investigación y desarrollo sobre reactores avanzados y grandes programas multinacionales como los de fusión nuclear y física de altas energías, todo ello a pesar de la escasez actual de apoyo por parte de la Administración.

Las empresas españolas de bienes de equipo, contando en algunos casos con financiación a la exportación, han exportado equipos de todas clases para centrales nuevas y para reposición, desde generadores de vapor, partes de vasija y presionadores, hasta bastidores y contenedores para combustible gastado, pasando por grúas, válvulas, tuberías y accesorios, etc. Los países compradores han sido Estados Unidos, Alemania, Argentina, México, Finlandia, Francia, Bélgica, Suecia, Suiza y otros muchos, incluyendo los asiáticos.



Las empresas de ingeniería y de servicios especializados han encontrado por su parte un importante mercado en los países de Europa Central y Oriental y en los de la antigua Unión Soviética, que necesitan mejoras sustanciales en sus instalaciones y en sus estructuras organizativas y sistemas de calidad. Para ello, y dadas sus carencias económicas, se han dispuesto diversas fuentes de financiación, como los programas TACIS y PHARE y los créditos del Banco Europeo de Reconstrucción y Desarrollo, además de subvenciones de Euratom y diversos acuerdos bilaterales. Las empresas españolas participan activamente en estos programas en diversos países y han realizado un gran número de estudios, proyectos y suministro de simuladores, equipos de inspección y cursos de formación.

En el caso específico de China, en fuerte expansión, diversas empresas españolas han llevado a cabo un importante suministro de equipo y servicios. Recientemente se ha formado un consorcio para el impulso conjunto de las exportaciones a China, formado por las empresas españolas Enusa, Equipos Nucleares, Tecnatom y Ringo Válvulas.

Un aspecto preocupante que afecta a toda la industria es el relevo generacional necesario en los cuadros de técnicos y especialistas, y que se ha de nutrir de las nuevas generaciones de científicos e ingenieros bien formados y de mano de obra cualificada y capacitada para las tareas de las que tendrán que responsabilizarse. La escasez de oportunidades en los últimos años ha propiciado un descenso en el número de estudiantes en las disciplinas nucleares, descenso que confiamos se remediará a corto plazo.

En todo caso, la industria nuclear, experta y eficaz, es garantía de que la tecnología nuclear se conserva en España, no sólo para apoyar a las centrales, sino para atender un mercado nuclear reactivado cuando llegue el momento.

3. LAS CENTRALES NUCLEARES ESPAÑOLAS

España cuenta con un total de diez instalaciones nucleares ubicadas dentro de su territorio peninsular, entre las que se encuentran ocho centrales –Santa María de Garoña en la provincia de Burgos, Almaraz I y II en la provincia de Cáceres, Ascó I y II en la provincia de Tarragona, Cofrentes en la provincia de Valencia, Vandellós I y Vandellós II en la provincia de Tarragona y Trillo en la provincia de Guadalajara– en seis emplazamientos distintos. Además, disponemos de una fábrica de combustible nuclear en Juzbado en la provincia de Salamanca y un centro de almacenamiento de residuos radiactivos de baja y media actividad en El Cabril en la provincia de Córdoba.





3.1. Titularidad

Las empresas propietarias de las centrales nucleares españolas a 31 de diciembre de 2007 eran las siguientes:

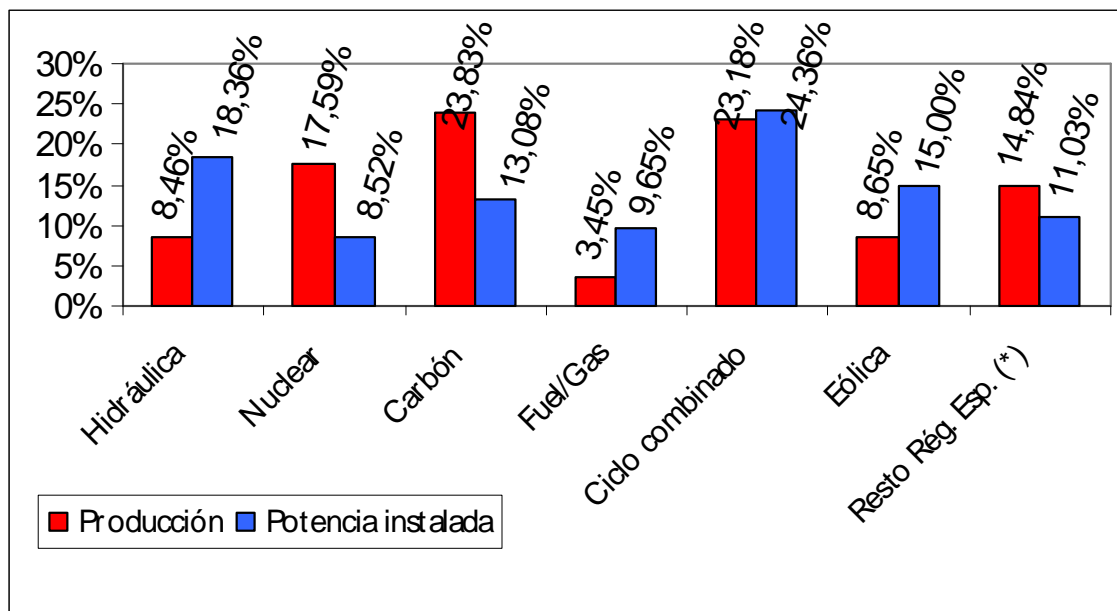
Central Nuclear	Empresa propietaria
Sta. María de Garoña	Nuclenor 100% (*)
Almaraz I	Iberdrola 53% Endesa 36% Unión Fenosa 11%
Almaraz II	Iberdrola 53% Endesa 36% Unión Fenosa 11%
Ascó I	Endesa 100%
Ascó II	Endesa 85% Iberdrola 15%
Cofrentes	Iberdrola 100%
Vandellós II	Endesa 72% Iberdrola 28%
Trillo	Iberdrola 48% Unión Fenosa 34,5% Hidrocantábrico 15,5% Nuclenor 2% (*)

(*) Nuclenor se encuentra participada por Iberdrola 50% y Endesa 50%

3.2. Producción

Durante el año 2007, la producción de energía eléctrica de las ocho centrales nucleares españolas fue de 55.039,44 millones de kWh, lo que representó el 17,59% del total de la producción eléctrica del país, que fue de 312.556 millones de kWh. Durante el año, la producción de electricidad de origen nuclear disminuyó un 8,3% respecto al año 2006, debido a un mayor número de paradas de recarga y a la duración extraordinaria de dos de ellas.

En el sistema eléctrico español, la contribución en términos de potencia y de producción de las distintas fuentes de generación durante el año 2007 fue la siguiente:



Fuente: Elaboración propia con datos de UNESA – Avance Estadístico de la Industria Eléctrica 2007 y REE – El Sistema Eléctrico Español – Avance del informe 2007



3.3. Potencia

A 31 de diciembre de 2007, la potencia total instalada en España era de 90.722 MW, de los que 7.727,8 MW corresponden a la potencia de las ocho centrales nucleares, lo que representa un 8,5% del total de la capacidad instalada en el país.

La potencia instalada bruta de cada una de las centrales nucleares es la siguiente:

Central Nuclear	Potencia (MWe)
Sta. María de Garoña	466
Almaraz I	977
Almaraz II	980
Ascó I	1032,5
Ascó II	1027,2
Cofrentes	1092
Vandellós II	1087,1
Trillo	1066
TOTAL	7727,8

Datos a 31 de diciembre de 2007

3.4. Indicadores de funcionamiento

El funcionamiento de las ocho unidades que integran el parque nuclear español fue excelente, tanto en seguridad como en disponibilidad y costes. Los indicadores de funcionamiento, durante el año 2007, fueron los siguientes:

Central Nuclear	Producción (GWh)	Factor de Carga (%)	Factor de Operación (%)	Factor de Disponibilidad (%)	Factor de Indisponibilidad No Programada (%)
Sta. M ^a Garoña	3482,29	85,31	90,05	85,28	3,88
Almaraz I	8510,11	99,43	100,00	99,95	0,05
Almaraz II	7437,27	86,63	87,53	87,12	1,50
Ascó I	7915,91	87,52	89,91	88,94	2,27
Ascó II	7420,88	82,47	85,98	84,13	6,57
Cofrentes	6240,14	65,23	67,32	66,12	10,81
Vandellós II	5531,11	58,08	61,04	59,24	24,54
Trillo	8501,73	91,04	91,78	91,53	1,86
TOTAL	55039,44	81,30	83,37	82,33	6,79

Factor de carga: Relación entre la energía eléctrica producida en un período de tiempo y la que se hubiera podido producir en el mismo período funcionando a la potencia nominal.



Factor de operación: Relación entre el número de horas que la central ha estado acoplada a la red y el número total de horas del período considerado.

Factor de disponibilidad: Complemento a 100 de los factores de Indisponibilidad Programada y No Programada.

Factor de indisponibilidad programada: Relación entre la energía que se ha dejado de producir por paradas o reducciones de potencia programadas en un período atribuibles a la propia central y la energía que se hubiera podido producir en el mismo período funcionando a la potencia nominal.

Factor de indisponibilidad no programada: Relación entre la energía que se ha dejado de producir por paradas o reducciones de potencia no programadas atribuibles a la propia central en un período de tiempo y la energía que se hubiera podido producir en el mismo período funcionando a la potencia nominal.

Durante el año 2007 se produjeron un total de ocho paradas automáticas no programadas, cuatro menos que en 2006. El número de paradas no programadas fue de cinco, seis menos que el año anterior.

3.5. Autorizaciones de explotación

Durante el año 2007, no fue necesario renovar la Autorización de Explotación de ninguna de las centrales nucleares españolas, pues todas ellas disponen de Autorización en vigor. La próxima central nuclear que ha de renovar su Autorización de Explotación es la de Santa María de Garoña. En este sentido, y conforme a la legislación vigente, el día 3 de julio de 2006, Nuclenor presentó en el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio la solicitud para la renovación de la Autorización de Explotación de la central nuclear de Santa María de Garoña por un nuevo periodo de diez años.

Central Nuclear	Fecha de Autorización Actual	Plazo de Validez
Sta. María de Garoña	5/07/1999	10 años
Almaraz I	8/06/2000	10 años
Almaraz II	8/06/2000	10 años
Ascó I	1/10/2001	10 años
Ascó II	1/10/2001	10 años
Cofrentes	19/03/2001	10 años
Vandellós II	14/07/2000	10 años
Trillo	16/11/2004	10 años

El periodo de funcionamiento de una central nuclear no tiene un plazo fijo. Las Autorizaciones de Explotación se renuevan periódicamente tras la evaluación del Consejo de Seguridad Nuclear y la aprobación del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. En la actualidad, la tendencia es conceder las autorizaciones por 10 años.



3.6. Paradas de recarga

La parada de recarga es el periodo de tiempo que la central aprovecha para desarrollar el conjunto de actividades necesarias para la renovación del combustible nuclear. Tiene una duración media de 30 días. En función de las características de cada central, el ciclo de operación, es decir, el tiempo entre cada parada de recarga, es habitualmente de 12, 18 ó 24 meses. En la parada de recarga también se llevan a cabo las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo de todos los sistemas, componentes, estructuras e instalaciones de la central.

Las paradas de recarga de las centrales nucleares españolas llevadas a cabo durante el año 2007 y las próximas previstas se resumen en la tabla siguiente:

Central Nuclear	2007	Próxima prevista
Sta. María de Garoña	18 febrero a 24 marzo	febrero 2009
Almaraz I	-----	abril 2008
Almaraz II	14 octubre a 29 noviembre	abril 2009
Ascó I	26 octubre a 1 diciembre	abril 2009
Ascó II	23 marzo a 2 mayo	octubre 2008
Cofrentes	29 abril a 30 julio	mayo 2009
Vandellós II	27 abril a 9 septiembre	enero 2009
Trillo	25 mayo a 25 junio	junio 2008



4. ANÁLISIS ECONÓMICO DE UN PROYECTO DE AMPLIACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ELÉCTRICA NUCLEAR EN ESPAÑA

El Foro de la Industria Nuclear Española ha realizado un estudio para analizar las características de un proyecto de construcción de centrales nucleares en España, que supondría el aumento del actual parque de generación eléctrica en 11.000 megavatios. A partir de aquí, el estudio estima, por un lado, el efecto de este proyecto sobre la economía española, lo que se lleva a cabo a través del análisis de los impactos, directos, indirectos e inducidos, de la inversión necesaria para el desarrollo del proyecto. Y, en segundo lugar, estudia el efecto, también de orden económico, de la reducción de emisiones de CO₂ a la atmósfera al considerar que la generación eléctrica derivada de la puesta en operación de este proyecto sustituye a la producción que se habría generado con otras fuentes, en concreto, gas y carbón, cuya combustión emite mucho más volumen de este gas de efecto invernadero.

Para definir las características del proyecto y su adecuación al sistema eléctrico español, se parte de la base de que la electricidad generada por reactores nucleares tiene un peso, para el conjunto mundial, que se sitúa en torno al 17% de la generación anual total de electricidad. Esta cifra se supera en muchos de los países desarrollados, en concreto, en la Unión Europea donde la energía eléctrica de origen nuclear abastece en torno a un tercio de la demanda. En España hay actualmente en funcionamiento un total de ocho centrales nucleares que suman 7.727,8 MW de potencia, que proporcionan cerca del 20% de las necesidades eléctricas del país.

En este contexto es donde se plantea el proyecto consistente en la construcción progresiva de varios reactores en España, que permita, en el año 2030, la generación de una tercera parte del total de la energía eléctrica con tecnología nuclear. Este proyecto formulado a modo de hipótesis de trabajo es factible, adecuado y realizable en el sistema eléctrico español. Para éste, la hipótesis ofrece claras ventajas, no sólo en cuanto a los efectos ambientales positivos, sino también en cuanto a una mayor seguridad de suministro y menor dependencia de combustibles externos. En boca de la Comisión Europea, los retos a los que actualmente deben enfrentarse todos los estados miembros en política energética son el cambio climático, el aumento de la dependencia de las importaciones y los elevados precios de la energía; por ello, destaca que *la energía nuclear desempeña un importante papel en el mix energético*.

Otro asunto relevante, que atañe a la hipótesis planteada, se refiere a la dinámica de la competitividad relativa de la electricidad generada por centrales nucleares. En este estudio no se profundiza en tal cuestión, toda vez que la competitividad de la generación nuclear dependerá en el futuro de muchas variables de difícil determinación (tipo de interés, subvenciones, precio de los derechos de emisión, costes de inversión y de combustible de otras alternativas, principalmente el gas y el carbón, etc.). Por otro lado, en el orden interno, el coste de generación nuclear ha estado condicionado por el elevado peso de la inversión en las centrales (extensión de los periodos de licenciamiento y construcción de las centrales) lo que ha significado una carga financiera elevada para el precio final de la electricidad producida por esta tecnología. Sin entrar en el detalle cuantitativo de la cuestión, el Informe entiende que los cambios que se auguran para un futuro inmediato pueden modificar



sustancialmente tanto las condiciones relativas externas como las internas, al compás de la significativa innovación que se está produciendo en las tecnologías nucleares.

Con el fin de analizar algunos de los efectos más significativos de esta hipótesis, se llevan a cabo dos tipos de estimaciones. Una primera, para evaluar los efectos económicos inmediatos de la construcción del proyecto. Y otra segunda, para conocer el impacto económico del proyecto derivado del ahorro de emisiones de gases de efecto invernadero, en concreto de CO₂, a causa del aumento del peso relativo de la generación eléctrica nuclear, sustituyendo otras tecnologías con fuertes niveles de emisión de estos gases por combustión.

Para realizar la primera estimación, se supone un coste de inversión (es decir sin incluir *intereses intercalarios* ni una asignación de *overhead costs*), en euros corrientes, de 3.000 millones por cada grupo de 1.000 MW. En consecuencia, el coste corriente total del plan de construcción es de 33.000 millones de euros, que, en términos actualizados a 31 de diciembre de 2007, resultarían en 24.150 millones de euros (descontados al 2,5 por ciento). El componente nacional del programa de construcción nuclear sería superior al 60%.

Tras el análisis subsiguiente, a través de un modelo de tipo *input-output*, se concluye que el impacto directo sobre el PIB (en el periodo 2009-2029) para un programa de inversión de 19.415 millones de euros en términos corrientes, y de 14.257 millones de euros a precios constantes, supone un aumento del valor de la producción nacional que alcanzaría cifras superiores a los 23.000 €, es decir, algo más del 3% del PIB español del año 2004, de los cuales el 54% correspondería a efectos directos mientras que el 46% restante se produciría como consecuencia de las interacciones sectoriales o efectos multiplicadores.

Los efectos totales sobre el PIB y el empleo se situarían en torno al 0,04 por ciento anual, es decir, unos 450 millones de Valor Añadido y unos 7.000 puestos de trabajo, mientras que, de forma acumulada para todo el período considerado, se superarían los 9.000 millones de euros de PIB y los 145.000 trabajadores/año, como efecto de la construcción de los citados 11.000 MW nucleares.

Adicionalmente, los efectos inducidos, por la generación de rentas derivada de la creación de empleo, ascenderían anualmente un 0,04 por mil del PIB, y sobre el empleo supondrían algo más de 1.000 puestos de trabajo por año, un 0,05 por mil del empleo medio del año. Para el conjunto del período los efectos inducidos alcanzarían unos 1.440 millones de euros y alrededor de 24.000 empleos/año. En conjunto, el proyecto generaría el 0,43 por mil del PIB y el 0,38 por mil de los puestos de trabajo/año de todo el período.

Una cuestión de singular trascendencia, relacionada con el proyecto planteado, de difícil estimación dado el instrumental estadístico disponible, estaría en relación con los efectos inducidos en el terreno del desarrollo y la innovación tecnológica, tanto en el capítulo de investigación y desarrollo de equipos y sistemas nucleares —extrapolable a otros sectores productivos— como en el de *know-how*, en definitiva de mejora del capital humano.

La segunda estimación mide el ahorro económico derivado de las nulas emisiones de la tecnología nuclear respecto a las tecnologías de carbón y gas. Se llega a la conclusión de que a lo largo de los años considerados en el proyecto (desde la puesta en funcionamiento



de los primeros reactores nucleares, 2018, hasta el año 2030), se produciría un ahorro de gastos situados en una horquilla que puede oscilar entre los casi 3.500 y los 21.000 millones de euros (a precios de 2008), según sea el precio establecido para las emisiones de CO₂ y la tecnología sustituida en la generación eléctrica; lo que significaría, en el último supuesto, más de medio punto porcentual de PIB de cada año, como media. Económicamente hablando, el ahorro obtenido por la disminución de emisiones podría ser superior al valor añadido con la construcción de las centrales nucleares incluidas en el proyecto.

En síntesis, el proyecto de construcción de centrales nucleares con una potencia instalada de 11.000 MW, a lo largo del periodo 2009-2030, coherente con los porcentajes de generación eléctrica de origen nuclear de países de peso significativo de la UE-27, supondría la creación de valor añadido por un monto superior a los diez mil millones de euros (a precios constantes de 2008); la creación de unos 172.000 empleos/año, directos, indirectos e inducidos, y el ahorro de una cuantía importante de emisiones de CO₂, cuyo valor se estima entre unos 3.500 y unos 21.000 millones de euros, según los supuestos considerados. Contribuyendo, además, al logro del objetivo estratégico de mejorar la seguridad del suministro eléctrico en España.



5. CONCLUSIONES

La industria nuclear ha producido efectos positivos en nuestro país. El más relevante ha sido la creación de un ciclo de negocio en el que se ha generado una cifra altísima de kWh, se ha ahorrado la emisión de un gran cantidad de CO₂ y se ha evitado la importación de decenas de millones de toneladas de combustibles fósiles. Adicionalmente, la tecnología nuclear ha estimulado y propiciado la adquisición de un enorme bagaje científico-técnico que ha sido y es crucial en la ingeniería energética del país, habiendo sido pieza clave en la consolidación de una ingeniería energética de primera clase en España, que, con sus diversificaciones y actualizaciones adecuadas, ha sido y va a seguir siendo un pilar fundamental del desarrollo socio-económico español.

La industria nuclear va a continuar la explotación de las centrales nucleares actualmente en servicio. Para ello se encuentra específicamente bien dotada, y se trata de prolongar las pautas de actualización y mejora continua que constituyen la base de la filosofía de actuación en nuestro parque de centrales nucleares, que podría denominarse de “operación a largo plazo”. Ello incluye la posibilidad de sobrepotenciación y mejora de prestaciones de algunas unidades, así como inversiones continuadas en seguridad y operabilidad.

Las centrales nucleares españolas han funcionado durante los últimos decenios con un comportamiento excelente, ocupando muchas veces los primeros puestos en la lista de las centrales mundiales de mejor rendimiento. Ocupan un lugar insustituible en la cesta de energías que surten el mercado español, y constituyen un recurso importante en la lucha contra el calentamiento global.

Aunque la postura oficial es aún la de reducir paulatinamente la participación nuclear, se están alzando voces que defienden el aumento de dicha contribución como indispensable para enfrentarse a los retos del calentamiento global y a la inseguridad de los suministros de combustible, a costes razonables. Entre ellos pueden citarse la patronal empresarial CEOE, los líderes sindicales de UGT y Comisiones Obreras, las Cámaras de Comercio, el Círculo de Empresarios, el Club de la Energía, líderes socialistas de la primera hora, profesionales de la enseñanza y empresas eléctricas.

En los últimos años se ha incorporado a la red un número importante de centrales de gas de ciclo combinado, de coste variable alto (el precio del gas prácticamente se ha duplicado en el último año), pero de instalación rápida y barata y gran flexibilidad de funcionamiento, que las hace aptas para el suministro de las puntas y para las horas llanas que no puedan ser atendidas por las otras. En todo caso, la base y las horas llanas deberían atenderse en lo posible con energías de costes variables más baratos, como las nucleares, las renovables y el carbón. Con este criterio general, los distintos tipos de energía que deben contribuir a la cesta energética del país tienen condicionantes, técnicos, económicos e incluso sociales, a medio y largo plazo, que han de tenerse en cuenta al planificar el lugar que deben ocupar en el suministro de la red.

El Foro de la Industria Nuclear Española ha propuesto, en la línea de las opiniones citadas y a la vista de la situación futura, la operación a largo plazo de las centrales nucleares actuales y la construcción de 11.000 MWe nucleares adicionales en los próximos años hasta 2030,



para alcanzar de nuevo un porcentaje entre el 30 y el 40 por ciento de la producción eléctrica total anual, frente al 20% actual.

El país dispone de la infraestructura necesaria, la capacidad técnica, los recursos financieros y la voluntad de las empresas en el empeño común de proporcionar a los españoles una energía eléctrica fiable, barata y sostenible, con respeto al medio ambiente y seguridad para los ciudadanos. Los poderes públicos tienen también los instrumentos para controlar que se cumplan normas y requisitos. Deben, sin embargo, garantizar que la normativa y el régimen de regulación tendrán en el tiempo la continuidad necesaria para que los agentes comprometan los recursos necesarios sin temor a cambios sustanciales en las reglas del juego. La industria nuclear está preparada para hacer frente a las necesidades de este ambicioso, pero necesario y posible, plan de construcciones y servicios, de tal manera que la energía nuclear representa una opción indispensable ante el panorama energético futuro a corto, medio y largo plazo.