

INFORME

DESCARBONIZACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO EN ESPAÑA



Adolfo García Rodríguez
26 de febrero de 2025

INFORME

DESCARBONIZACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO EN ESPAÑA

El pasado 9 de septiembre de 2024 tuvo lugar la presentación del Informe Draghi, relativo al declive de la competitividad en la Unión Europea (UE), encargado por la presidencia de la Comisión en 2023:

1. La UE está inmersa en un peligroso proceso de estancamiento económico en relación con otras economías, EE.UU y China fundamentalmente.
2. Entre otras causas, se encuentran: una insuficiente inversión en temas tecnológicos y en I&D, así como la falta de recursos energéticos autóctonos.
3. Entre las soluciones, plantea: movilizar 800.000 millones de euros al año para reactivar la economía, y abordar un proceso de transición del actual Sistema Energético hacia otro Seguro, Fiable, Competitivo y Descarbonizado, basado en energías renovables y nuclear.

En el periodo comprendido entre 2008 y 2024, tanto la productividad como el PIB en Europa han crecido alrededor de 11 puntos menos que en EE.UU. En el mismo periodo, la productividad y el PIB en España crecieron 5 puntos menos que la media de la UE.

El presente Informe plantea ideas en relación con la transición en España hacia un Sistema Eléctrico Excelente, basado en las recomendaciones del Informe Draghi.

El Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC - 2024) establece las pautas para el proceso de descarbonización del Sistema Eléctrico en España para el periodo 2021 – 2030.

INFORME

Descarbonización del Sistema Eléctrico en España

RESUMEN EJECUTIVO

¿Se pueden cerrar las nucleares en España?

El Informe Draghi parte del hecho de que la Unión Europea (UE) se encuentra inmersa en un peligroso proceso de estancamiento en relación con otras economías, EE.UU y China fundamentalmente, por diversas razones, entre las que se encuentran: la falta de inversión suficiente en temas tecnológicos y en I&D, así como las desventajas derivadas de la escasez de recursos de energía autóctonos. Mientras en los EE.UU la productividad y el PIB entre 2008 y 2024 crecían el 23% y el 34% respectivamente, en Europa lo hacían al 12% y 23%, pero en España la situación es más severa: en el mismo periodo, tanto la productividad como el PIB han crecido 5 puntos menos que la media de la UE.

Uno de los temas que Draghi plantea para resolver el problema es la transición del Sistema Energético europeo actual, basado en gran parte en combustibles fósiles importados, hacia otro descarbonizado capaz de alcanzar la neutralidad de los acuerdos de París para 2050. La estrategia de Draghi: un gran despliegue de energías renovables, así como la extensión de la vida de las centrales nucleares actualmente en explotación y apoyar el desarrollo de una nueva generación de este tipo de centrales.

El Plan Nacional de Energía y Clima (PNIEC - 2024) plantea el cierre del parque nuclear en España entre 2027 y 2035, que proporciona en base el 20% de la demanda eléctrica (56.000 GWh), y su sustitución por energías renovables: eólica y fotovoltaica, fundamentalmente. ¿Es posible?, ¿es una buena decisión? La respuesta a la primera pregunta es, que sí, pero con reservas; mientras que la segunda, merece un rotundo no.

1. La Generación en la Red. Una red eléctrica requiere disponer de generación eléctrica fiable y segura en base, en el rango del 30% al 40% del consumo total (en función de sus características) con el fin de garantizar una buena gestión de su explotación. En España el parque nuclear actual proporciona 7,4 GW de potencia y el 20% de la demanda, de manera segura, fiable y económica. Disponemos también de un moderno parque de generación de 26,6 GW de ciclos combinados de gas, bastante sobredimensionado, que el PNIEC planea ir eliminando. Estamos alcanzando ya alrededor del 40% de la generación eléctrica en energías renovables no gestionables: solar y eólica. La punta máxima histórica en la demanda está por debajo de los 43 GW. El sistema es seguro y fiable, y el parque de ciclos combinados permite cerrar las nucleares y soportar retrasos en el despliegue previsto de renovables, claro que con un importante incremento del costo del MWh de base, retrasando el cumplimiento de los objetivos de descarbonización e incrementando las importaciones de gas.

2. Funcionamiento en base de las Renovables. Las renovables podrían acabar proporcionando la energía de base que requiere nuestro sistema. Hagamos una

estimación de lo que supone la sustitución de los 56.000 GWh que genera al año el parque nuclear, por eólica (2.000 h de utilización equivalente) y fotovoltaica (1.600 h).

- . Deberemos instalar 33 GW de renovables, con una inversión, a partir de datos del PNIEC, de unos 35.000 millones de euros. Su producción bruta es de 59.600 GWh, con un margen del 6% para cubrir pérdidas en almacenamiento y vertidos.

- . Tenemos que construir bombeo reversible, en el entorno de los 6.000 MW, con capacidad de almacenamiento de energía para un mínimo de 5 días, para garantizar la seguridad y fiabilidad del sistema, lo que requiere disponer siempre de unos 720 GWh de reserva en los embalses. Es esta una cifra elevada, que condicionará la gestión del agua en las cuencas afectadas. Aunque los costos de inversión en bombeo son muy variables, podríamos estimarlos tentativamente en unos 2.500 euros por KW instalado, con lo que obtenemos un total en el orden de los 15.000 millones de euros.

- . Habrá que ampliar la red sustancialmente, en relación con el despliegue territorial de los 33 GW en renovables. En base a los datos del PNIEC sobre el coste total previsto en la red hasta 2030 (52.360 M) para instalar un total de 105 GW de renovables en el periodo 2021 - 2030, se requiere una inversión considerable en red asociada al cierre de las nucleares, que estimamos en al menos 10.000 millones de euros. No obstante, ya estamos experimentando dificultades con las carencias de red que tenemos, que impiden la instalación de nuevos generadores y consumidores: las autorizaciones son uno de los escollos a resolver.

- . Según el PNIEC, en 2030 dispondremos de un Sistema Eléctrico con 214 GW de potencia de generación eléctrica instalada, de la que 143 GW serán eólica y solar, para una demanda en punta de sólo unos 60 GW, aunque en periodos de valle no se alcanzarán los 30 GW. Se mantienen prudentemente los 26,6 GW de ciclos combinados de gas, pero no hay garantía de que las renovables tengan consumidor de su producción en determinados periodos, lo que será una incertidumbre para los inversores. Se trata de un sistema descompensado, caro y de difícil gestión.

3. Grandes Consumidores. España posee las condiciones adecuadas para alojar una importante red de Centros de Datos (CD) para cubrir una parte importante de las necesidades en Europa derivadas del desarrollo de nuevas aplicaciones y especialmente de la Inteligencia Artificial (IA), tal como ya ocurre en el estado de Virginia (20% del total), en relación con los EE.UU. Se trata de grandes consumidores de energía de base (hasta 500 MW), que demandan electricidad libre de emisiones de CO₂ (renovables y nuclear), que traen consigo la implantación de numerosas empresas tecnológicas. Entre otros grandes consumidores se encuentran también, los Electrolizadores para la producción de H₂ por electrolisis, así como la industria del Automóvil en su transformación al Vehículo Eléctrico (VE), donde, según declaraciones recientes del consejero delegado de Grupo Renault, el costo de la energía duplicará a los laborales. Se requiere, pues, en estos y en todos los casos, energía eléctrica para la industria a precios competitivos.

4. ENRESA. Como entidad responsable del desmantelamiento de las centrales y de la gestión de los residuos, viene constituyendo un fondo que se nutre en su mayor parte

de las aportaciones, en concepto de tasas, de las centrales nucleares en operación, que habrá acumulado 8.000 millones de euros en 2025, cifra que se irá incrementando hasta los 12.000 cuando estén todas cerradas en 2035. Pero en relación con este tema, merece hacer algunas reflexiones:

1. Si se alarga la vida de las centrales a 80 años en total, tal como se está haciendo en los EE.UU, con 8 unidades que ya lo tienen concedido, incluyendo North Anna, referencia de 4 de las nuestras, y otras 7 en proceso de ampliación de sus licencias de 60 a 80 años, se podría retrasar cerca de 40 años la inversión prevista en desmantelamiento y residuos de alta, de lo que se deriva un ahorro financiero de alrededor del 40%, es decir: de unos 4.800 millones sobre los 12.000 millones que tendrá disponibles Enresa en el momento del cierre de todas las centrales.
 2. Alternativamente, Enresa podría invertir en 2025 los 8.000 millones de que ya dispondrá, precisamente en una actividad segura como son las renovables, lo que en el plazo de 40 años incrementaría sus fondos (con inflación del 2%, coste del dinero del 3,5% y beneficio del 6%, estimados) a la cantidad total, en euros de 2025, de alrededor de 20.000 millones, aportando un amplio margen sobre el presupuesto del 7º Plan General de Residuos Radiactivos (7º PGRR) para eventuales desviaciones presupuestarias y actividades de I&D. En cualquier caso, se podrían eliminar las tasas actuales de las centrales a Enresa (10,36 euros por MWh), en beneficio de su competitividad.
 3. El tema del almacenamiento definitivo del combustible gastado, no es un problema, ni es urgente. En realidad, ese “residuo” es un “recurso”, y no solo en energía, que en el futuro podamos aprovechar, en base a nuevos desarrollos, y ya disponemos de la tecnología para su almacenamiento seguro a muy largo plazo. El costo del desmantelamiento de las centrales no sufrirá alteración alguna, solo se retrasaría.
- 5. El Parque Nuclear.** Estimamos que el parque nuclear actual puede tener un valor residual de al menos 30.000 millones de euros, en relación con su capacidad potencial de seguir funcionando en condiciones seguras, fiables y económicas otros 40 años. Partimos de que ya se hayan amortizado las inversiones iniciales en el momento de su extensión de vida útil y cubierto las tasas de ENRESA para desmantelamiento y residuos. Sobre esas bases, incrementando un 50% el importe de las inversiones actuales (9,8 E/MWh) en actualizaciones y mejoras, y reservando 3E/MWh para grandes reparaciones si la extensión de vida se lleva a 80 años, se obtienen unos costes muy competitivos, en el entorno de los 40 euros por MWh, contando con que se eliminen conceptos de la fiscalidad actual no justificados, como son: 5,17 euros por MWh al Combustible Gastado, redundante con las tasas a ENRESA, que ya cubren ese concepto, y los 4,77 de las Ecotasas que reciben las CC.AA, pero que no aplican a esas actividades. En cualquier caso, el cierre de las nucleares traerá consigo la desaparición de esos fondos fiscales.

El desarrollo del Sistema Eléctrico, con el objeto de alcanzar del 35% al 40% del consumo de energía total, implica una expansión, que la Unión Europea estima en que se duplique para 2050. Por esta razón, en el Informe Draghi se contempla, además de la extensión de vida a largo plazo de las centrales actualmente en explotación, el apoyo al desarrollo de una nueva generación de centrales nucleares, entre las que se encuentran las

denominadas SMR, en el rango de los 300 MW, de lo que se ocupan diversas empresas: Westinghouse, General Electric, Framatome, Rolls-Royce, entre otras.

6. Presencia en el Campo Nuclear. Como resultado del desarrollo de nuestro programa nuclear en el pasado, se ha creado en España un entramado de instituciones y empresas con capacidad relevante en lo nuclear, que no existe en muchos otros países. Nuestra industria alcanzó un 85% de participación nacional en las últimas centrales construidas, así como una expansión de cierta entidad en servicios y bienes de equipo en la exportación. Su mantenimiento está basado en buena medida en la continuidad de la operación del parque nuclear actual. Estamos presenciando un relanzamiento en toda regla de la energía nuclear en todo el mundo, así como de inversiones en nuevas e interesantes aplicaciones derivadas de la radiactividad. ¿Es el momento de salirnos de todo eso, cerrando las centrales?

No se trata ahora de embarcarnos en la construcción de una nueva generación de centrales nucleares en desarrollo. Nuestro papel, como se ha hecho con notable éxito hasta el momento, es convertirnos en usuarios excelentes de las mejores soluciones existentes en el mercado. Para ello debemos participar con nuestra industria en los mercados internacionales, como se ha hecho en el pasado y como venimos haciendo actualmente. Un periodo de unos 5 años de observación activa en otros países, con participación de nuestra industria, nos va a proporcionar una buena base para decidir lo que mejor convenga en función de las necesidades de nuestro propio sistema.

7. Conclusiones

1. Queremos cerrar un parque nuclear que viene funcionando eficazmente durante 40 años, que se ha venido actualizando permanentemente al “estado del arte” de cada momento, y cuya vida se puede extender a largo plazo, como se está haciendo en todas partes, con un valor residual estimado en más de 30.000 millones de euros.

2. Lo sustituimos, como hipótesis, por 33 GW de renovables, 6 GW de bombeo reversible y una buena extensión de la Red, con una inversión innecesaria estimada como mínimo en 60.000 millones de euros, que nos lleva, además, a un costo total de la energía eléctrica de base de al menos 66,7 euros por MWh, a lo que hay que añadir los impuestos, gastos generales y el beneficio del inversor: en definitiva, muy por encima de cifras de venta competitivas. Según los datos que se vienen publicando, grandes consumidores, como los Centros de Datos (CD), vienen pagando el MWh de base que requieren entre 55 y 68 euros por MWh (Global Data Center Market Comparison – Cushman & Wakefield 2024). Si mantuviéramos nuestro parque nuclear operativo, podríamos ofrecer esa energía en el rango más bajo de esa escala, lo que puede acabar siendo decisivo también para asegurar la transición hacia el Vehículo Eléctrico en España, en un momento de crisis para el Sector del Automóvil en Europa que requiere una profunda reestructuración, cuando el menor costo laboral parece que ya no es una ventaja decisiva, sino el de la energía: su deslocalización a otros países sería una tragedia nacional.

3. La extensión de vida aportaría importantes ventajas en relación con el fondo financiero de Enresa, por el retraso en su aplicación, así como la eliminación de las tasas a las que están sometidas las centrales, en beneficio de su competitividad.

4. El cierre del parque nuclear tendrá un efecto inducido negativo determinante en relación con nuestra industria nuclear, para poder mantenerse activa en la exportación en un momento en que se está reactivando el sector en todas partes. La tecnología nuclear de fisión conlleva de manera implícita el desarrollo de nuevas e interesantes aplicaciones, no solo en el campo de la energía eléctrica, sino también en la producción de calor, en baja, media y alta temperatura, para sustituir combustibles fósiles en la industria; así como en baterías eléctricas con almacenamientos prolongados (50 y 100 años, ya hay prototipos), y en aplicaciones médicas. No podemos quedar fuera de un campo tan prometedor.

No es de extrañar que nuestro caso, el cierre del parque nuclear en operación, sea único en el mundo en estos momentos. Cuando se nos presenta la oportunidad de transición hacia un Sistema Eléctrico Excelente, descarbonizado y muy competitivo, base para la tan necesaria reindustrialización que precisamos, elegimos la peor solución. ¿Alguien lo puede explicar?

En Europa, solo Francia tiene una situación de partida mejor que la nuestra para conseguir esa transición: poseen un parque nuclear, amortizado en gran parte, cuya vida útil está en proceso de extensión a largo plazo, que genera el 70% de la demanda eléctrica del país, e invierten ya, con aprobación del Parlamento, en la construcción de 10.000 MW nuevos (6 EPR-2 de 1.600 MW) y abordan el desarrollo de la nueva generación de SMRs. Poseen la capacidad de generar la energía en base que necesita su Sistema Eléctrico Excelente descarbonizado, y podrían exportar a España una parte de la que nos haría tanta falta en base, pero hay una resistencia sistemática a construir esas líneas de conexión necesarias para pasar de solo el 3% actual al 15% de nuestra generación, que establece la UE.

Dejemos que nuestros técnicos y nuestras empresas diseñen y desplieguen el nuevo Sistema Eléctrico Excelente y descarbonizado, que tantos beneficios nos puede reportar, con la necesaria supervisión por parte de la Administración, mientras nuestros políticos se centran fundamentalmente en el desarrollo del correspondiente Plan de Responsabilidad Social, que tendría un gran impacto en ordenación del territorio y en amplios sectores de la Sociedad.

En definitiva, el PNIEC es un valioso documento de planificación, pero, en su versión actual, incumple gravemente uno de los postulados fundamentales del Informe Draghi: conciliar la descarbonización con la necesaria mejora de la productividad. En efecto, el cierre de las nucleares en fechas ciertas retrasa el cumplimiento de objetivos de descarbonización hasta otras inciertas (el despliegue de la Red, que ya acusa un considerable retraso), incurre en inversiones innecesarias de 60.000 millones de euros, y consigue encarecer el coste del MWh de base desde el entorno de 40 euros hasta al menos 66,7 euros, muy por encima de cifras competitivas. Los grandes proyectos, como el PNIEC, traen consigo, con demasiada frecuencia, riesgos considerables desde su concepción y a lo largo de todo su desarrollo (How Big Things Get Done – Bent Flyvbjerg – MACMILLAN)

INFORME

DESCARBONIZACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO EN ESPAÑA

Impacto de las Recomendaciones del Informe Draghi Desarrollo de un Sistema Energético Excelente

Argumentario:

El Informe Draghi parte del hecho de que la Unión Europea (UE) se encuentra inmersa en un peligroso proceso de estancamiento en relación con otras economías, EE.UU y China fundamentalmente, por diversas razones, entre las que se encuentra la falta de inversión suficiente en temas tecnológicos y en I+D, así como las desventajas derivadas de la carencia de fuentes de energía autóctonas suficientes. El resultado, un retraso progresivo en productividad y en el consiguiente crecimiento económico, claves para la mejora del nivel de vida de los ciudadanos.

Se estima que en los EE.UU ha crecido la productividad en el periodo 2008 – 2024 alrededor del 23%, mientras que en Europa la cifra está en el entorno del 12%: un diferencial de 11 puntos menos. El resultado es, que mientras el PIB en los EE.UU se incrementaba en ese periodo un 34%, en Europa lo hacía el 23%.

Desafortunadamente, en España esas cifras se vienen descolgando aún más: la productividad solo creció en el periodo alrededor del 7%, mientras que el PIB lo hacía al 18%. Nos venimos deslizando en negativo en relación con la media de la UE, tanto en productividad como en PIB. En España nuestro Sector Manufacturero representa solo alrededor del 12% del PIB y deberíamos incrementarlo para poder crear empleo de mayor calidad.

Parece evidente que tenemos un problema por resolver en la UE, que es todavía más acusado en España, para cuya resolución Draghi plantea fuertes inversiones, empezando por 800.000 millones de euros al año, abordando en paralelo la resolución de otros escollos para que su economía sea realmente productiva.

Uno de los aspectos que Draghi plantea, es precisamente la transición del Sistema Energético europeo actual, basado en gran parte en combustibles fósiles, hacia uno descarbonizado capaz de alcanzar la neutralidad para el 2050. El proceso implica, además, la duplicación de la capacidad del Sistema Eléctrico en el periodo, con el fin de atender al crecimiento de la demanda y extender el porcentaje de electrificación en el consumo energético global, que en Europa está solo en el 20%.

El desarrollo del nuevo Sistema Energético Excelente es una oportunidad muy importante para España, que no podemos desaprovechar. Somos posiblemente en Europa, el país que tiene mejores condiciones para ello:

. Disponemos de territorio, nivel de insolación y climatología para un amplio despliegue de renovables: fotovoltaica y eólica, fundamentalmente, aunque no solo esas.

. Tenemos en operación un parque nuclear seguro, fiable y económico, que genera 56.000 GWh al año, y que se compara favorablemente, en todos los parámetros del sector, con centrales nucleares similares en EE.UU, que ya están obteniendo licencia para operar hasta 60 y 80 años, proceso que se está produciendo también en la UE. La extensión de vida de la nuclear está reconocida como la opción más económica e inmediata para obtener energía eléctrica descarbonizada.

. El mantenimiento del parque nuclear en operación implica un alivio en el despliegue precipitado de renovables, red de transporte y bombeos reversibles, sin renunciar a ello, pero permitiendo plazos más realistas para su ejecución, en beneficio del proceso inversor y de la adaptación de nuestra industria para aprovecharlo, y asegurando mejor el cumplimiento de los hitos establecidos para la descarbonización. La sustitución de los 56.000 GWh de las nucleares requiere instalar al menos la considerable cifra de 33 GW de renovables (eólica 2.000 horas y fotovoltaica 1.600), así como una buena ampliación de la red y del almacenamiento en bombeo reversible: recordemos que la punta de nuestro Sistema Eléctrico se sitúa ahora en unos 43.000 MW. Esos 33 GW requieren una inversión de 35.000 millones de euros, mientras que la ampliación de la red demanda al menos otros 10.000. Los costes de inversión en nuevos bombeos reversibles serán muy variables, pero a efectos de obtener un orden de magnitud los podemos estimar en 2.500 euros por KW instalado, de lo que se desprende una inversión de 15.000 millones de euros. En total, la considerable cifra de 60.000 millones de euros, que se pueden evitar, al tiempo que se eluden otros quebrantos importantes que iremos viendo. En definitiva, se van a sustituir 56.000 GWh de base, nuclear, con un coste de explotación, sin tasas ni impuestos, de alrededor de 40 euros por MWh, por renovables, bombeo reversible y ampliación de la red, con un coste global, también sin impuestos, en el entorno de los 66,7 euros, que con impuestos, gastos generales y beneficio puede superar los 80. Los 33 GW renovables generarán 59.600 GWh brutos, con margen de un 6% para pérdidas por almacenamiento e inevitables vertidos.

. Disponemos de un parque moderno de ciclos combinados de gas, con una potencia instalada de unos 26,6 GW, que conjuntamente con los 7,4 GW nucleares, garantizaría la seguridad y fiabilidad de nuestro Sistema Eléctrico, aunque haya retrasos en el despliegue de renovables y bombeos en relación con las previsiones actuales del ambicioso plan del PNIEC (ya se están produciendo). El despliegue de renovables y bombeo reversible permitirá ir reduciendo las necesidades de respaldo con los ciclos combinados, liberando paulatinamente los 40 emplazamientos existentes, que podrían ser reaprovechados ventajosamente para la instalación de grandes consumidores.

. Existe una posibilidad de gran interés para España, que se refiere a la instalación de una red de nuevos consumidores de energía eléctrica, como son los Centros de Datos (CD) y los Electrolizadores por electrolisis. Son instalaciones que consumen energía eléctrica en base, en el caso de los CDs en rangos de hasta 500 MW por planta.

Disponemos de territorio para su instalación, y en particular un buen número de emplazamientos de antiguas centrales térmicas, así como las de los ciclos combinados que se vayan desmontando. En esos emplazamientos hay líneas de transporte, así como la capacidad de refrigeración que esos consumidores precisan.

. Disponer de un Sistema Eléctrico Excelente es una base formidable para atraer otras actividades industriales, tecnológicas y de nuevos desarrollos en energía. Una condición para ello será que podamos suministrar la energía eléctrica a precios más atractivos que otros, lo que implica optimizar las inversiones necesarias.

El Plan del PNIEC es ambicioso y prometedor, pues implica la inversión de 308.000 millones de euros en el periodo 2021 – 2030, aunque su ejecución en los términos y plazos previstos se está demorando. Existen problemas asociados al lento y burocrático proceso que padecemos para la obtención de permisos, lo que dificulta la necesidad de abordar diligentemente la ampliación de la red eléctrica. Está también el de los plazos necesarios para llevar a cabo algunos de los proyectos, como es el caso de los bombeos reversibles. El proceso inversor se mantendrá, en cualquier caso, en cifras elevadas hasta el cumplimiento de los objetivos de neutralidad en carbono en 2050. El Plan va a movilizar inversiones muy importantes y sostenidas, de lo que se desprende su capacidad para incorporar un ambicioso sesgo de Responsabilidad Social: se puede y se debe abordar la resolución de muchos problemas en amplios entornos del territorio, así como favorecer el desarrollo de otros sectores.

Existen, pues, unas bases sólidas suficientes para garantizar, si las cosas se hacen bien, que el despliegue de un Sector Energético Excelente, nos va a beneficiar a todos. Un factor fundamental del éxito, es que la sociedad, con carácter general, lo conozca y lo apoye a fondo: eso resolvería muchos problemas, empezando por el de los permisos. Se requiere para ello que la Administración Pública estudie el tema y monte una buena campaña de información a los ciudadanos, sostenida en el tiempo, con información veraz, que elabore un buen plan y luego lo aplique.

La experiencia que se deriva de la ejecución de nuestro Programa Nuclear, a la que nos iremos refiriendo posteriormente, es de gran interés también para este caso:

1. El programa nuclear se ejecutó básicamente en un periodo de poco más de 20 años, entre 1965 y 1988, fundamentalmente. Superada la fase inicial, en 1971 - 1972 se contrataron 6 unidades nucleares grandes en el rango de los 1.000 MW y se estableció un plan que daba continuidad con sucesivas contrataciones hasta un total de 24.000 MW. El mensaje se recibió con entusiasmo por los diversos sectores afectados.
2. Se movilizaron fondos en el rango de los 85.000 millones de euros, estimados en base a costes de inversión de nucleares en la actualidad. La industria, y la sociedad en general, se implicó a fondo en el tema, consiguiendo resultados espectaculares en transferencia de tecnología y participación nacional.

3. Desafortunadamente, a partir de la segunda mitad de los años 70 surgieron movimientos antinucleares en EE.UU y en Europa, que tuvieron como consecuencia en España la Moratoria Nuclear de 1983: paralización del programa, con la finalización de dos unidades y la cancelación del resto, todas ellas en distintas fases de construcción. Las pérdidas se pueden estimar en unos 30.000 millones de euros, calculados sobre las mismas bases anteriores, que pagamos los consumidores eléctricos, es decir, los ciudadanos. Bien es verdad que este problema no fue exclusivo de España, pues también tuvo lugar, en mayor escala, en EE.UU.
4. La Moratoria Nuclear, supuso un alto importante en el desarrollo de la industria nuclear en España, pero no su desaparición. Se había creado ya una infraestructura sólida de instituciones y empresas, que se pudo mantener gracias al apoyo que precisan las centrales en operación, a la exportación y a la diversificación. También se mantuvo un elevado número de profesionales con conocimientos y gran experiencia en este campo: la Sociedad Nuclear Española (SNE), que los agrupa, es un valioso ejemplo.
5. El programa nuclear indujo la creación de unos 60 a 70 mil puestos de trabajo directos, con altas cualificaciones en general: titulados universitarios (entre 8 y 10 mil), formación profesional, soldadores, tuberos, electricistas, etc. que se vieron inmersos en un entorno diferente en cuanto a la calidad y herramientas avanzadas de cálculo. El concepto de Garantía de Calidad se introdujo entonces por la industria nuclear, así como el énfasis en el desarrollo de la informática, tanto para temas de gestión como científicos y de ingeniería. Todo ello acabó teniendo un efecto multiplicador sobre otras actividades industriales y de servicios, que se fueron haciendo patentes en muchas empresas españolas. Sin este impulso, no se explicaría el esfuerzo exportador ni el nivel técnico alcanzado por muchas empresas españolas a partir de la década de los años 80. Nuestras tres operadoras del sistema eléctrico, son un buen ejemplo: Iberdrola, es la mayor eléctrica de Europa, trabaja en 30 países, es pionera en redes inteligentes y energías renovables, y distribuye electricidad a unos 100 millones de consumidores. En el campo de la construcción, disponemos de tres empresas de las más importantes del mundo: ACS, Acciona y Ferrovial, con capacidad de ejecutar los proyectos más complejos. Todas ellas se han beneficiado, de manera directa o indirecta, del impulso inicial del programa nuclear.
6. El apoyo a la explotación de nuestro parque nuclear y el esfuerzo exportador, han permitido el mantenimiento de estructuras y capacidades en el campo nuclear en España. Estamos asistiendo ahora a la reactivación de la construcción de nuevas centrales nucleares en muchos países, con diseños innovadores de distinta índole. Ello vendrá acompañado de importantes fondos para el desarrollo de nuevas y mejores aplicaciones de la fisión nuclear. Es un campo de gran interés para el Sector Energético, no solo para el Eléctrico, del que no podemos estar ausentes.

El caso actual del despliegue de un Sector Energético Excelente en España, pone en juego inversiones mucho más importantes que las empleadas en el programa nuclear,

es necesario y tiene una buena imagen, y con ello su continuidad asegurada: disponemos de los conocimientos y medios para llevarlo a cabo, beneficiará a muchos sectores y en general a todos los ciudadanos. Solo hay que cuidar la excelencia en su ejecución.

1. Las Centrales Nucleares: ¿Inversiones de Alto Riesgo? Las centrales nucleares han sido en el pasado inversiones de un riesgo elevado, al menos inicialmente, en la mayor parte de los casos. No obstante, su operación comercial ha sido excelente en general, más que compensando las desviaciones en costos de inversión, especialmente en España: se diseñaron para una vida útil de 40 años, con un periodo de amortización de 25. Están superando ya los 40 años de operación comercial y con inversiones sostenidas de actualización y mejora, podrían alcanzar los 80. Hay ya un buen número como las nuestras en los EE.UU, con licencia concedida por la Nuclear Regulatory Commission (NRC) para operar 60 años, y 8 de ellas para 80, mientras que otras 7 están en el proceso de evaluación por la NRC para la ampliación de sus licencias de los 60 a los 80 años. Entre las ya licenciadas para 80 años se encuentra North Anna, que fue la referencia de nuestras 4 unidades de Almaraz y Ascó, a la que, por cierto, nuestras centrales han superado en todos los parámetros importantes de su explotación.

La NRC, posee una gran experiencia en el proceso de análisis para otorgar los permisos de extensión de vida de sus centrales, que podría ser aprovechado por nuestro Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), con quien mantiene un acuerdo de colaboración y asesoramiento desde su creación. Como se ha dicho, la extensión de vida de nuestro parque nuclear es la opción más económica, inmediata y viable de cuantas tenemos para asegurar el cumplimiento de los compromisos de descarbonización en 2030 y 2050.

El mantenimiento y mejora de nuestras capacidades tecnológicas en el campo nuclear está ligado, ahora, a que se mantengan en operación nuestras centrales. La explotación del parque a largo plazo será, además, una fuente permanente de nuevos conocimientos y experiencias en este campo.

En la actualidad se está diseñando una nueva generación de centrales nucleares que se benefician de la experiencia adquirida en la ejecución y explotación de las actuales. La línea más importante es la de los reactores modulares pequeños (SMR), de unos 300MW de potencia unitaria. Se trata de diseños estándar, aplicables a diversos emplazamientos, licenciados como tales por los correspondientes organismos reguladores, de tal modo que se pueden mantener estables en periodos de, quizás, 10 años, lo que permite la construcción de módulos idénticos en series de reactores de cierto número de unidades. Se les supone susceptibles de construcción en tiempos más cortos de los habituales, y cumpliendo los presupuestos de inversión. La posibilidad de alcanzar esos objetivos está por ver, pero hay una serie de empresas solventes trabajando en ello: Westinghouse (W), General Electric (GE), Framatome, Rolls-Royce (RR) y Terra Power (TP), entre otras muchas (Small modular reactor Alliance launched in Europe – Power Engineering Intl.). TP es una empresa promovida por Bill Gates, para impulsar el desarrollo nuclear y también el de otras aplicaciones médicas de la radiactividad. Existen programas importantes de despliegue de SMRs estandarizados en

diversos países, entre los que se encuentran, por su importancia, los del Reino Unido, Polonia y la República Checa.

2. Nuevos Desarrollos en Radiactividad y Fisión Nuclear. Existen numerosas aplicaciones de posibles desarrollos de interés en estas áreas, en varios campos: mayor aprovechamiento de los recursos de combustible nuclear, a través del reciclado, de reactores rápidos y del ciclo del Torio; mejora de la seguridad en relación con accidentes postulados; producción de calor a baja, media y altas temperaturas, para usos industriales, incluyendo la producción de hidrógeno verde, así como diversas soluciones para disminuir la generación de residuos de alta actividad, acortar su periodo de vida media y almacenarlos a largo plazo.

En relación con la radiactividad, hay también líneas de desarrollo de gran importancia en aplicaciones médicas avanzadas y en el diseño de baterías eléctricas en pequeños módulos, basados en la emisión de radiación alfa, con capacidad para funcionar por periodos superiores a los 50 años: parece haber ya prototipos de esto último en China (Nature 18-09-2024), mucho más eficientes que las que actualmente se usan en misiones espaciales alejadas del Sol. Existen otras muchas iniciativas asociadas al desarrollo de algunos de estos conceptos, entre las que se encuentra el Programa Internacional Generation 4.

3. Fusión Nuclear. El desarrollo de la fusión nuclear aportará ventajas sobre la fisión en tres áreas: disponibilidad de combustible, prácticamente ilimitada; seguridad ante accidentes; y reducción drástica de los residuos de alta. No obstante, trae consigo la dificultad en resolver determinados problemas tecnológicos, posibles costos de inversión excesivos, y los prolongados plazos que venimos experimentando para conseguir desarrollar instalaciones comerciales. Es un tema en el que hay que seguir, pero en paralelo con el desarrollo de nuevas aplicaciones en fisión, que ofrecen buenas soluciones y más inmediatas. Un ejemplo es el proyecto internacional de demostración de la fusión, ITER.

4. Expansión del Sistema Eléctrico. Los objetivos a nivel mundial de descarbonización en relación con el cambio climático, apuntan a un crecimiento considerable de los sistemas eléctricos en todo el mundo. Uno de los mecanismos de descarbonización es precisamente la electrificación de los procesos productivos: en la actualidad solo el 20% del consumo energético mundial está electrificado, mientras el objetivo sería alcanzar cifras de entre el 35% y el 40%, lo que representa un esfuerzo ingente, junto a una gran oportunidad: la UE contempla que se duplique el Sistema Eléctrico hasta el 2050, lo que, dadas las circunstancias, no parece excesivo.

Un Sistema Eléctrico estable debería contar con fuentes de generación de base en el orden del 30% al 40% de la generación total, libre de emisiones de efecto invernadero. Esa es la razón por la que tanto en los EE.UU como en la UE se apuesta ahora por la extensión de vida a largo plazo de las nucleares y el despliegue de una nueva generación de reactores, siempre sobre la base de preservar, la seguridad, fiabilidad y la economía. Pretender aportar la generación de base a partir de fuentes no gestionables, como son la eólica y la solar, trae consigo, una potencia instalada y una red de transporte

enormemente sobredimensionadas, así como la necesidad de instalar un gran volumen de almacenamiento, lo que complica el Sistema y lo encarece notablemente. En definitiva, no parece ser una solución compatible con el objetivo de alcanzar un Sistema Eléctrico Excelente, con costes de la energía optimizados

5. Áreas Tecnológicas para el Crecimiento Económico. En España es necesario identificar 3 o 4 áreas tecnológicas de interés de cierto nivel y en proceso de crecimiento, que generen puestos de trabajo bien retribuidos, y que podamos abordar: la transición hacia un Sistema Energético Excelente descarbonizado es una de ellas, quizás la más importante a nuestro alcance, debido a su impacto de arrastre sobre otras muchas actividades de nuestra economía. Entre estas, se encuentran, el Vehículo Eléctrico (VE), el despliegue de una gran red de Centros de Datos, y la participación activa en el desarrollo de la tecnología nuclear.

En relación con la opción nuclear, no se trata de abordar ahora la construcción de nuevas centrales nucleares en nuestro país; mejor esperar activa pero prudentemente a ver cómo se van consolidando las iniciativas actuales en los EE.UU y en Europa. Nuestro objetivo sería poder participar en esos proyectos en el extranjero: lo hemos hecho ya, y disponemos de experiencia y medios para ello.

Un sector, como el eléctrico, que requiriere energía de base en el orden del 30% al 40% del consumo global, en condiciones de neutralidad climática, tiene su mejor opción para ello en la tecnología nuclear, como ya se está poniendo de manifiesto de manera bastante generalizada. Adicionalmente, se trata de una tecnología con un prometedor horizonte de desarrollo de nuevas aplicaciones, entre las que se encuentran las de producción directa de calor para la industria, a baja, media y alta temperatura, con capacidad de ir desplazando al gas natural de manera competitiva, sin emisiones de efecto invernadero.

En España disponemos de una buena base de partida para participar en ese esfuerzo, evidentemente disminuida por la paralización que hubo en los programas nucleares en casi todo el mundo, pero importante si la comparamos con la de otros países que nunca la tuvieron:

1. El Consejo de Seguridad Nuclear, es un organismo regulador ejemplar, cualificado y respetado, posiblemente uno de los más eficientes de Europa.
2. ENSA, es una empresa que fabrica componentes nucleares pesados (los del sistema primario de los reactores) de conformidad con todos los códigos y normas internacionales: viene exportando a muchos países, incluyendo EE.UU y China. Podría evolucionar y crecer ampliando su actividad al suministro de módulos prefabricados que incluyan todo el sistema primario de los nuevos reactores SMR y sus auxiliares. Hay muy pocas empresas en el mundo con su capacidad y experiencia.

3. ENUSA, posee una excelente experiencia internacional en las áreas de provisión de uranio y servicios de enriquecimiento, así como en el diseño y fabricación de combustible nuclear. Exporta a numerosos países.
4. ENRESA, es la empresa responsable de la gestión de los residuos radiactivos y del desmantelamiento de las centrales: posee ya una experiencia considerable en ambas áreas. Dispondrá en 2025 de 8.000 millones de euros derivados de tasas aportados por las centrales nucleares en operación, que alcanzarán los 12.000 millones en el horizonte de su cierre total, actualmente previsto en 2035, con el fin de llevar a cabo esas tareas. Tiene unas instalaciones modélicas en El Cabril (Córdoba), donde almacena residuos de baja y media actividad provenientes no solo de las centrales, sino también de actividades médicas e industriales. La extensión de vida a largo plazo de nuestro parque nuclear, permitiría: retrasar cerca de 40 años la utilización de esos fondos, con el consiguiente ahorro financiero de alrededor de un 40% de los mismos si los llevamos a valor actual (4.800 millones de euros); invertir esos 8.000 millones, de manera directa o indirecta, en el despliegue de energías renovables, con una rentabilidad asegurada en beneficio de su incremento a largo plazo (2% de inflación, 3,5% costes de capital y 6% de beneficio) hasta unos 20.000 millones, en euros de 2025. Esa cifra permitiría eliminar las actuales tasas a Enresa de las centrales, para mejorar su competitividad (están ya penalizadas por una pléyade de impuestos que no soportan otras formas de generación y que en 2025 representarán más del 40% del costo total de producción del KWh); disponer de un margen para cubrir eventuales desviaciones futuras en el costo de sus actuaciones, así como ampliar las actividades de ENRESA, participando de forma directa o indirecta en proyectos internacionales de I&D relacionados con el tratamiento y reducción de residuos radiactivos de alta actividad y su almacenamiento final.
5. INGENIERÍA. En ingeniería de centrales, existen todavía capacidades importantes, así como la experiencia de cómo expandirlas en caso de necesidad: la antigua INITEC se acabó comprando y después integrando en Westinghouse, al igual que Tecnatom; y Empresarios Agrupados (EA) fue adquirida por una empresa china, pero no dejan de ser por ello entidades españolas dotadas con recursos y técnicos de nuestro país. Adicionalmente, la ingeniería IDOM, que no había participado en la fase inicial de ejecución de las centrales, consiguió, meritoriamente, irse haciendo un hueco en lo nuclear.
6. BIENES de EQUIPOS y CONSTRUCCIÓN. Disponemos de diversas empresas activas en las áreas de fabricación de componentes (válvulas de calidad nuclear, es un ejemplo), montajes y servicios, que apoyan a la operación y mantenimiento de las centrales. Existen también, como se ha dicho, grandes constructoras españolas desplegadas por todo el mundo, con capacidad para lleva a cabo funciones de EPCM (Engineering, Procurement, Construction Management) en centrales nucleares o, alternativamente, la ejecución de los trabajos de construcción directamente.

7. **SECTOR ELÉCTRICO.** Tenemos también empresas eléctricas globales, como es el caso de Iberdrola, desplegada en 30 países, como 2ª o 3ª eléctrica mundial por capitalización, que en base a ello se acabará involucrando, antes o después, en la instalación de los SMRs en alguno de sus mercados. El que nuestra industria participe en el campo nuclear, reportaría beneficios mutuos al respecto.

Hay muchas centrales nucleares en los EE.UU que han obtenido sus licencias de extensión de vida a largo plazo (60 y 80 años) de las cuales 8, como las nuestras, ya lo tienen a 80 años. El organismo regulador en ese país, la NRC, es el más experimentado, riguroso y cualificado del mundo, además del más abierto a facilitar información a otros. Ha sido el modelo para nuestro Consejo de Seguridad Nuclear, con quien ha mantenido permanentemente un acuerdo de asesoramiento e intercambio de información. No hay razón alguna para desconfiar. La extensión de vida del parque nuclear, permite, además, posponer 40 años el tema del almacenamiento definitivo de los residuos de alta actividad, el combustible gastado, con expectativas de conseguir en ese tiempo desarrollos que aporten soluciones más favorables.

Adicionalmente a las ventajas descritas si extendemos la vida de nuestro parque nuclear, su paralización supondría un gran quebranto económico, ya que su valor residual se puede estimar en, al menos, unos 4.000 euros por KW, es decir, más de 30.000 millones de euros para las 7 unidades actuales.

Un aspecto muy importante a considerar, es el del impacto asociado al desarrollo del programa nuclear y, de manera especial, el relativo a un amplio entorno alrededor del emplazamiento de las instalaciones. Cualquier plan de estas características, con fuertes inversiones, tendrá un gran impacto social, especialmente si se estudia y aplica bien. Ha sido el caso del programa nuclear, y lo puede ser también en mayor grado en el del PNIEC, con inversiones mucho mayores y afectando a territorios bastante más extensos.

6. La Experiencia del Programa Nuclear en España. Conviene exponer ahora información más detallada de lo que ha sido la experiencia en el desarrollo de nuestro programa nuclear, en sus fases de iniciación, lanzamiento a gran escala, ralentización y detención. Se trata de aportar datos que puedan ser contrastados, en apoyo de los argumentos y recomendaciones de este Informe:

6.1 El Inicio del Programa Nuclear. En los años 60 el Sector Eléctrico inició la construcción de las tres primeras centrales nucleares, bajo la modalidad “llave en mano”. Se contrataron tres proyectos con modelos distintos: agua a presión, agua en ebullición, y grafito-gas, en régimen de libre competencia, evitando fórmulas no competitivas. Este sistema se ha mantenido con éxito a lo largo de todo el programa, demostrando sus ventajas para el objetivo de desarrollar en España una industria nuclear con capacidad diversificada y exportadora.

Nuestro modelo permitía alcanzar cerca del 90% de participación nacional a medio plazo, sin renunciar a poder elegir en cada caso los mejores reactores existentes en el mercado. En Francia se optó por elegir una solución autóctona, con el fin de conseguir una independencia del 100%. Su programa es mucho mayor que el nuestro, porque se

ha mantenido en el tiempo, pero han acabado experimentando problemas tanto en la explotación del parque como en su industria nuclear.

6.2 Segunda Generación. Al inicio de los años 70 la experiencia de la construcción de las tres primeras centrales era un éxito. No obstante, los objetivos de participación nacional y transferencia de la tecnología eran modestos. Por esa razón, y por la resistencia de los suministradores a mantener el “llave en mano” (ya empezaban a experimentar desviaciones en los costos) se decidió contratar las nuevas centrales “por componentes”: el Suministrador Principal solo aportaba el Sistema Nuclear de Generación de Vapor (SNGV) y el TurboGenerador (20% de la inversión total), mientras que el Resto de la Central (80% de la inversión) lo asumía el propietario de la planta.

Bajo esa fórmula se contrataron 6 unidades con Westinghouse, entre diciembre de 1971 y junio de 1972. Fue un mensaje inequívoco para muchas empresas españolas, que tomaron posiciones para participar en un programa sólido y con continuidad. Adicionalmente, la Administración Pública tomó medidas de tutela: puso en pie un sistema de Resoluciones Tipo y Particulares (en colaboración con SERCOBE) para promover fabricaciones mixtas con transferencia de tecnología, basado en exenciones fiscales; promovió la creación del Consejo de Seguridad Nuclear, ENSA, ENUSA y ENRESA; y estableció el correspondiente seguimiento del cumplimiento de objetivos. El resultado se puede considerar espectacular en relación con los parámetros de participación y transferencia de tecnología: los porcentajes previstos se fueron superando con amplitud, hasta alcanzar el 85% en las últimas plantas construidas.

6.3 Formación de Personal. El diseño, fabricación de componentes y construcción de las centrales nucleares son actividades intensivas en mano de obra cualificada, sujetos además a normas y regulaciones que garantizan su cumplimiento y con ello la calidad de los trabajos (el concepto de Garantía de Calidad, introducido por esta industria y extendido posteriormente a otros campos de actividad). En la construcción de Trillo, Empresarios Agrupados, con un alcance global EPCM empleó 1.500 técnicos en punta, la mitad de ellos ingenieros, y un total de 10 millones de horas técnicas. En 1985 EA disponía de 2.400 personas trabajando en el campo nuclear. Contando con las rotaciones, se puede estimar que en EA trabajaron y se formaron unos 4.000 ingenieros en el campo nuclear, cifra que habría que multiplicar por dos para tener en cuenta el trabajo en otras ingenierías en este campo. Contando con el resto de la industria y el propio Sector Eléctrico, y descontando rotaciones entre esas empresas, se podría razonablemente estimar en unos 10.000 el número de titulados universitarios que se formaron en este campo en un periodo de unos 20 años.

Muchos de los técnicos de las ingenierías fueron pasando por otras empresas del Sector Nuclear, primero, y posteriormente por otros sectores, en especial a partir de la Moratoria de 1983, con un efecto de polinización claro sobre otras actividades, que se puede identificar en la expansión hacia el exterior que tuvo lugar en bienes de equipo y proyectos “llave en mano” de centrales convencionales, por parte de un buen número de empresas españolas, a partir de finales de la década de los 80, si bien esta última experiencia, de alto riesgo, no fue tan positiva. Lo mismo se puede decir del Sector de la Construcción: obras civiles y montajes, con unos 30 millones de horas directas por

unidad, con puntas sostenidas de unos 5.000 trabajadores. La capacidad de llevar a cabo esos trabajos, con idénticos o mejores resultados que otras empresas en el extranjero, ha sido uno de los factores que han permitido su actual expansión exterior. También sucedió en las empresas eléctricas propietarias de las centrales, que se han visto favorecidas por sus actividades en el campo nuclear, que incluyen la creación de sus propias ingenierías en este campo, una vez en operación las plantas, Iberinco y Soluziona, con acceso a niveles tecnológicos superiores que han sabido trasladar al resto de sus actividades.

Participaron en el esfuerzo de formación, la JEN, las universidades, especialmente las politécnicas de Madrid, Barcelona, Bilbao, y Valencia, entre otras, así como las ingenierías con sus cursos de formación internos. En el ICAI (Universidad de Comillas) se impartieron, en colaboración con EA, una serie de cursos de tecnología de diseño de centrales nucleares, entre 1975 y 1985, en los que se formaron más de 1.000 universitarios.

6.4 Transferencia de Tecnología. El programa nuclear español ha sido un ejemplo a nivel internacional de un proceso exitoso de transferencia de tecnología:

- . Hacia 1984 redactores de la revista americana Nucleonics Week (la referencia en el campo nuclear en aquellos momentos) vinieron a España para conocer a fondo nuestras capacidades. Publicaron un artículo al respecto, cuya conclusión era: “En España parece haberse creado una industria nuclear de la noche a la mañana (overnight)”.

- . En 1985 las Sociedades Nucleares Americana, Europea y Española organizaron en Madrid la Tercera Conferencia Internacional de Transferencia de Tecnología Nuclear (ICONTT III). EA presentó el tema de la ingeniería en España en la sesión plenaria. Nucleonics Week cubrió el contenido de la Conferencia, exponiendo como conclusión de manera literal los 10 “Milestones to Success” propuestos por EA en su presentación.

- . En un campo tan complejo como el diseño y construcción de centrales nucleares, en el plazo de 8 años las ingenierías españolas alcanzaron total autonomía tecnológica. Las fuentes fueron, fundamentalmente: ingenierías americanas experimentadas, los Suministradores Principales, el acceso a los mejores consultores especializados, así como a todo tipo de información y a programas avanzados de cálculo y simulación en aquel país.

- . Dentro del concepto de promover actividades de innovación, una de las conclusiones en ICONTT III, se han llevado a cabo muchas de ellas en diversas empresas, que sería prolijo describir ahora.

- . A partir de finales de los años 70 el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA, Viena) empezó a demandar expertos españoles para participar en sus conferencias y seminarios en países interesados en la energía nuclear: Argentina, Chile, Corea, Brasil, China, Irán, República Checa, Turquía e Indonesia, entre otros, así como en la elaboración de documentación para el OIEA.

. Hacia mediados de los años 80 la República Popular China se interesó vivamente en conocer a fondo la experiencia española en este campo. Vinieron a España varias delegaciones y se firmó un acuerdo entre las Sociedades Nucleares de España y China. Como consecuencia de esos contactos, el Dr. Liang Peisheng, Presidente Ejecutivo de la Nuclear Engineering Co. of China, publicó un Informe de 25 páginas en chino, “La Experiencia Española en el Desarrollo de la Energía Nuclear”, exponiendo lo que habían visto y aprendido. Las conclusiones eran las siguientes:

1. Confianza en las capacidades propias.
2. Decisiones adaptadas a los objetivos y las capacidades del país.
3. Desarrollo de importantes capacidades de ingeniería del proyecto.
4. Protección de la industria nacional por parte del Estado.

Ellos estaban iniciando su programa nuclear entonces y esas recomendaciones son las que han seguido en su desarrollo.

6.5 Los Ingenieros y Universitarios Españoles. El desarrollo del programa nuclear en España ha puesto de manifiesto la formación y capacidad de nuestros ingenieros y universitarios en general para abordar con éxito ambiciosos proyectos empresariales y tecnológicos, así como la necesidad de promover a fondo una formación profesional de calidad, siempre que exista para todo ello una plataforma adecuada. El reconocimiento internacional llegó pronto, con numerosos expertos españoles participando en organismos internacionales del Sector, a veces en puestos de elevada responsabilidad: el OIEA, WANO, el Foro de la Industria Nuclear Europea, el proyecto de fusión ITER, y el programa internacional Generation 4, son algunos ejemplos. A título anecdótico, uno de los jóvenes ingenieros que se inició en EA calculando soportes de tuberías, acabó en unos años de Presidente de Westinghouse en EE.UU.

6.6 Acceso a los Mercados Internacionales. A partir de los años 70 diversas empresas españolas iniciaron su labor comercial para la exportación en el campo nuclear. La punta de lanza fueron las ingenierías: EA, INITEC y Sener, aunque pronto se incorporaron otras empresas de servicios y bienes de equipo. Tanto INITEC como EA contrataron paquetes importantes de ingeniería en sus proyectos fuera de España, respectivamente con Westinghouse y General Electric. Ambas sociedades participaron en el desarrollo de la ingeniería básica de los nuevos reactores avanzados de esas empresas americanas: ABWR y ESBWR, de GE, y AP – 1.000 de W. Como resultado de ello, INITEC acabó trabajando ampliamente en la ingeniería de las primeras unidades AP – 1.000 construidas por W en los EE.UU, mientras que EA lo hacía en los ABWR que GE contrató en Taiwan. Unas 150 empresas españolas de todas las especialidades participaron activamente en la ejecución de nuestro programa nuclear, además de 22 laboratorios, muchos de ellos incorporando ensayos muy novedosos.

En las ofertas de Laguna Verde 2 (México), W ofertaba con ingeniería de INITEC y con un paquete importante de bienes de equipo españoles, mientras que GE lo hacía con EA como ingeniería del Proyecto, que además encabezaba un consorcio con empresas de bienes de equipo españolas, por importe global de más de 400 millones de dólares. El

proyecto se acabó cancelando porque la energía nuclear ya no se encontraba en sus mejores momentos.

Más allá de las oportunidades señaladas, que dan idea de lo que hubiera podido ser de no haberse ralentizado o suspendido los programas nucleares en todo el mundo, las empresas españolas en diversas áreas consiguieron introducirse en los mercados exteriores. Conviene señalar, entre otros muchas, los casos de EA, Tecnatom, Abengoa, Ringo Válvulas, ENSA y ENUSA. EA fue la ingeniería de la propiedad seleccionada para nuevos proyectos en países tales como, Suiza, República Checa y Finlandia, mientras que Tecnatom contrataba sus servicios para diversos países, así como lo hacían, Abengoa, con los cuadros de las salas de control, Ringo (entonces bajo el nombre WWP), con válvulas de diseño y calidad nuclear, ENSA, con sus componentes del sistema primario, y ENUSA con el combustible nuclear.

Cabe señalar también la importante participación de muchas empresas españolas en el proyecto de demostración de la fusión nuclear ITER, todavía en curso de ejecución: EA lleva más de 30 años consiguiendo contratos para ese Proyecto, destacando su participación como ingeniería de todos sus edificios e instalaciones auxiliares, con un 25% en un consorcio constituido con dos ingenierías francesas y otra del Reino Unido, así como el diseño y suministro, con Abengoa, del Sistema de Seguridad Nuclear de la planta. ENSA tiene también una participación relevante en la ejecución de un elemento tan importante como es la vasija de vacío del primario, así como Ferrovial, que ha sido un actor principal en la construcción civil de los edificios del ITER.

Empresas de ingeniería españolas han participado ampliamente en los programas de la UE para la mejora de la seguridad de las centrales nucleares de la antigua Unión Soviética.

6.7 Explotación de las Centrales. La totalidad de las centrales nucleares españolas en operación se encuentran entre las mejores en el ámbito internacional en todos los parámetros relevantes, tanto de fiabilidad como de incidentes. Bajo la tutela del CSN han ido siguiendo las experiencias de otras centrales en todo el mundo e incorporando los cambios necesarios. Se llevan a cabo inspecciones con los sistemas más avanzados, se introducen las mejores metodologías, se analizan los procesos de envejecimiento, se introducen cambios permanentemente para la mejora de la seguridad, y se sustituyen elementos y sistemas afectados por obsolescencia tecnológica: se puede asegurar que se vienen manteniendo en el mejor “estado del arte”.

Se han seguido con continuidad y acierto los criterios solventes de la NRC, el organismo regulador más relevante del mundo, a través del CSN, que han superado los indicadores que ellos obtienen en las centrales de los EE.UU. En la actualidad la NRC está licenciando sus centrales por periodos de 20 años, hasta 60 y 80 años, como se ha dicho: ¿hay algún argumento sólido para desviarse ahora de una línea de actuación que ha dado tan buenos resultados?

WANO (World Association of Nuclear Operators), es una organización en el ámbito internacional creada para obtener las mejores experiencias en la explotación de las

centrales nucleares en el mundo y ponerlas a disposición de cada una de ellas. Pues bien, no deja de ser significativo que dos ingenieros españoles con amplia experiencia en la explotación de las nucleares de Almaraz y Trillo, respectivamente, hayan sido, sucesivamente, Director para Europa de la Oficina de París de WANO durante 20 años.

6.8 Movimientos Antinucleares. En la segunda mitad de los años 70 se iniciaron movimientos antinucleares en los EE.UU, que pronto se fueron extendiendo a Europa y España. En determinadas zonas fueron muy virulentos, como fue el caso de las dos unidades de Lemóniz en las cercanías de Bilbao. Las circunstancias obligaron a paralizar, primero, y cancelar, después, la construcción de esa central, que se encontraba ya casi terminada. Se puede estimar un quebranto económico, que tuvimos que soportar todos los consumidores de electricidad, de unos 14.000 millones de euros en base a costes actuales de inversión.

No obstante, el efecto antinuclear no quedó limitado a esa central: varias de ellas en diversas fases de ejecución quedaron temporalmente paralizadas hacia finales de los años 70, especialmente afectadas fueron las dos unidades de Valdecaballeros y la de Trillo. Pero el crecimiento de la demanda eléctrica condicionó entonces una decisión que acabó determinando la cancelación de Valdecaballeros: el Plan Acelerado de Construcción de 7 térmicas de carbón a partir de 1979. En 1983 se decretó la Moratoria Nuclear, que acabó con la cancelación de Valdecaballeros, en fase muy avanzada de construcción, y de otros proyectos que se estaban iniciando, todo ello con un quebranto en el rango de los 15.000 millones de euros, igualmente estimados a costes actuales de inversión y a cargo del sufrido consumidor.

Bien es verdad que estos mismos problemas se experimentaron también en aquella época en otros países, y de manera especial en los EE.UU.

7. Quebrantos y Subvenciones. Los errores e incidencias, aunque sean involuntarias, en el Sector Eléctrico, se pagan caros y, a veces, muy caros. Veamos algunos ejemplos:

. A partir de principios de los 70 se generó un proceso de fuerte incremento del costo de inversión de las nuevas centrales nucleares, conjuntamente con un notable alargamiento de sus plazos de construcción. Del análisis de esos problemas, se fueron desprendiendo una serie de acciones para su corrección: incremento de escala, adelanto del proceso de ingeniería, estandarización, licencia de diseños estándar para diversos emplazamientos, y construcción modular. De igual modo, se tomaron medidas para mejorar la seguridad, entre las que se encuentran, más allá de la defensa en profundidad, la extensión de las redundancias y la incorporación de sistemas pasivos de refrigeración del núcleo del reactor. Más recientemente, se ha incorporado un nuevo criterio relacionado con la escala, pero ahora en sentido inverso: los SMR de no más de 300 MW, que son más susceptibles de incorporar todos los criterios de mejora señalados y en especial la construcción modular, además de permitir la ejecución de series de unidades idénticas sucesivas en cada emplazamiento, lo que permite culminar el proceso de aprendizaje.

. NPI (Areva y Siemens-KWU) decidió desarrollar en los años 90 un nuevo reactor, basado en algunas de las consideraciones anteriores, el EPR 1.600 MW. Se había recurrido a la ampliación de escala, diseño estándar licenciable en varios países, y ampliación de redundancias: un excelente reactor, pero económicamente inviable al menos sin cumplimentar un largo proceso de maduración y aprendizaje. Se contrató el primer EPR en Finlandia y el segundo en Francia, dos en China y otros dos en el RU, estos últimos en fase de construcción actualmente. Los quebrantos para Francia han sido considerables, incluyendo la reestructuración con capital público de EDF, así como la de su industria nuclear: Areva ya no existe, y reapareció Framatome. El Parlamento francés acaba de autorizar la construcción de 6 EPR – 2 en Francia: 10 GW.

. W y GE decidieron abordar en la década de los 90 el diseño de dos nuevos reactores: el AP – 1.000, y el ESBWR, respectivamente, de conformidad con todos los criterios de mejora señalados. Dos soluciones excelentes, que además incorporan la refrigeración pasiva. W contrató la ejecución de 4 AP – 1.000 en los EE.UU, en dos emplazamientos distintos, y otro dos en China. La construcción de las 4 unidades americanas sufrió innumerables problemas, retrasos e incrementos de costos, relacionados en gran parte con la construcción modular. La ejecución de ambas centrales se canceló por algún tiempo, pasando el tema a manos de los abogados para determinar quién asumía el quebranto de varios miles de millones de dólares: todos se vieron afectados severamente y W tuvo que reestructurarse. El ESBWR obtuvo también su certificación de la NRC, pero no se llegó a contratar.

. En Francia se instaló una amplia flota de centrales nucleares diseñadas por Framatome, partiendo de tecnología base inicial de W. Ese hecho dio como resultado que hay muchas centrales muy similares, de lo que se desprenden indudables ventajas, pero también inconvenientes potenciales serios: un problema técnico en un sistema o componente fundamental, podría afectar a un número importante de unidades, condicionando su operación: entre 2022 y 2023, Francia ha tenido paralizada la operación de la mitad de su parque nuclear durante bastantes meses por este tipo de causas, con un enorme quebranto económico.

Está, por otro lado, el tema de las subvenciones, sobre el cual ya tenemos experiencias negativas, antiguas y recientes:

. En España se estableció un sistema de fuertes subvenciones para apoyar prematuramente el despliegue de renovables: eólica, termosolar y fotovoltaica, fundamentalmente. La termosolar es una solución compleja y con escaso recorrido de mejora, por lo que es dudoso que merezca fuertes subvenciones. La eólica sí se ha visto favorecida por subvenciones, en cuantía y tiempo suficientes para poder crear una industria local importante. La fotovoltaica, ha tenido y mantiene un elevado recorrido de mejora tecnológica y reducción potencial de costos, pero se le estableció un plan de subvenciones excesivas, con plazos de ejecución muy cortos y sin el necesario control por parte de la Administración. El quebranto económico alcanzó un nivel tal, que la Administración procedió a reducirlas con carácter retroactivo, con el resultado de un cúmulo de demandas en el ámbito internacional, con laudos desfavorables que habrá que ir atendiendo: ¿10.000 a 15.000 millones de euros dilapidados por esta vía?

8. Mercado Potencial de Grandes Consumidores. Existe hoy en el mundo un mercado potencial de grandes consumidores, algunos de los cuales se pueden instalar en aquellos lugares que les ofrezcan las mejores condiciones, y en España tenemos una situación muy favorable para ello: Grandes Centros de Datos, Producción de Hidrógeno Verde y, a nivel local, el Automóvil y las Desaladoras

8.1 Grandes Centros de Datos. Un Sistema Eléctrico Excelente, descarbonizado y muy competitivo, nos permitiría asumir una posición prioritaria para toda Europa en la construcción y operación de grandes centros de datos, que en base al despliegue previsto de la Inteligencia Artificial (IA), requieren ingentes cantidades de energía eléctrica de base (Informe McKinsey: How data centers and the energy sector can satiate AI's hunger for power). En los EE.UU, está prevista entre 50 y 60 GW de nueva instalación de Centros de Datos, con un impacto de alrededor del 35% del total del incremento de la demanda eléctrica que se espera entre 2024 y 2030. Se trata de instalaciones con una potencia instalada de hasta 500 MW, para funcionar mayoritariamente en base. Según los informes que se vienen publicando, operan con precios de la energía situados entre los 55 y los 68 euros por MWh (Global Data Center Market Comparison – Cushman & Wakefield 2024).

Los nuevos emplazamientos de Centros de Datos (CDs) están muy demandados por la escasez de sitios donde concurren las condiciones de acceso a la energía y a la refrigeración que precisan. Traerían consigo fuertes inversiones extranjeras, en beneficio de nuestra industria y de los entornos donde se ubiquen, así como un efecto multiplicador importante para el establecimiento de numerosas empresas tecnológicas. La energía de base de nuestro parque nuclear ofrece la posibilidad de ese suministro, sin emisiones de efecto invernadero, que es una de las condiciones que hoy vienen imponiendo, y disponemos de emplazamientos idóneos para ello, tanto en la costa como en el interior. El Estado de Virginia, en los EE.UU, tiene asumido ya un papel como el que podría tener España para el conjunto de Europa: posee el 20% del total de la capacidad actual de gestión de datos de todo el país, con 4.700 MW ya en funcionamiento y otros 4.500 MW en construcción o planificados. Por España entran ahora la mayor parte de las conexiones de cables de fibra de vidrio con Europa, lo que favorece también la instalación de CDs en nuestro país y la implantación de empresas tecnológicas en su entorno.

8.2 Hidrógeno Verde. La producción de hidrógeno es una opción interesante, que también requiere el consumo de grandes cantidades de electricidad, preferentemente en base. Se lleva a cabo a través de la electrolisis, que es un proceso que solo recupera alrededor del 60% de la energía que consume. En su utilización para el transporte su eficiencia energética está ahora por debajo del 40%. La conclusión es, que el transporte electrificado por ferrocarril resulta hoy mucho más eficiente, desde el punto de vista del consumo energético, que por carretera. No obstante, existen ya prototipos de camiones pesados con celdas de hidrógeno que alcanzan autonomías en el rango de los 1.000 Km. Existen actividades en la industria química que requieren hidrógeno, como es el caso del amoníaco y los fertilizantes, entre otras muchas.

La recomendación es, que será bueno estar en este campo, pero atentos a ver cómo va evolucionando. No sería prudente tratar de convertirnos ya en un “campeón mundial” a base de subvenciones sin límite, cuando los costes de producción están lejos de ser competitivos, en especial si se sustituye la generación base nuclear por renovables. El Sistema Eléctrico francés, con un 70% de generación nuclear prácticamente amortizada y su cercanía a consumidores potenciales, es más capaz y competitivo: al verse obligados a regular, tienen un margen de unos 50.000 GWh/año de producción potencial base al precio marginal del combustible (6 euros por MWh).

8.3 Desaladoras y Agricultura. Está también el tema de las desaladoras y potabilizadoras, que también son grandes consumidores, aunque no en las proporciones señaladas para CDs y Electrolizadores. Dentro de los criterios de responsabilidad social, se encuentra la necesidad de asegurar el consumo humano de agua en zonas donde ya escasea o en las que va a faltar en el futuro. También estudiar la conveniencia de producir agua para producciones agrícolas de alto rendimiento, en beneficio de zonas deprimidas. Habría que estudiar bien estos temas dentro del concepto de responsabilidad social, y partiendo de la base de que vamos a disponer de energía abundante y barata.

8.4 El Automóvil. Otra de las áreas potenciales de excelencia en España es el Sector del Automóvil, especialmente en relación con la fabricación y despliegue del Vehículo Eléctrico. Existe una industria importante, aunque en manos de empresas extranjeras, que es necesario transformar y cuya pérdida sería una verdadera tragedia nacional. Este Sector tiene una relación muy directa con el Eléctrico, hasta llegar a ser complementario en algunos aspectos, como son el desarrollo de baterías eficientes y la red de recarga. Según declaraciones recientes de Luca de Meo, Consejero Delegado del Grupo Renault, “el coste energético duplica al laboral en la fabricación de coches eléctricos”. Como consecuencia, el menor coste laboral en España ya no será el factor determinante para mantener esa actividad tan fundamental para nuestra economía.

9. Un Sistema Eléctrico Excelente Necesitamos diseñar un tránsito hacia un Sistema Eléctrico Excelente: fiable, seguro, descarbonizado y muy competitivo, nos va mucho en ello. Partimos de una buena base: 20% de generación nuclear actualizada al “estado del arte”, 26,6 GW de modernos ciclos combinados de gas como respaldo, un 50% de generación renovable en fase de expansión, y una no desdeñable capacidad de almacenamiento en bombeo reversible ya construido o por ejecutar. El Sistema, tal como está, garantiza la seguridad y fiabilidad del suministro a medio plazo, aunque se produzcan desviaciones importantes en relación con las previsiones del PNIEC.

Los ingenieros de Red Eléctrica tienen la capacidad y los medios para analizar el tema a fondo y plantear las mejores soluciones, pero no será así si un Comité les impone extrañas condiciones de partida: cerrar el parque nuclear, instalar solar y eólica “ad infinitum”, e ir eliminando el gas con demasiada premura. El parque nuclear proporciona hoy 56.000 GWh de energía de base. Para sustituir esa generación con eólica y fotovoltaica, hay que instalar unos 33 GW nuevos de esa energía, acompañados de una expansión de la red de transporte considerable, con el consiguiente almacenamiento en bombeo reversible: habrá que echar las cuentas bien.

Cualquier Sistema Eléctrico en el mundo dispone de un porcentaje de producción de base en el entorno del 30% al 40%, un cierto respaldo de reserva y la energía de punta de que pueda disponer: son condiciones necesarias para que el sistema sea equilibrado y gestionable. No podemos conseguir un sistema gestionable, totalmente en base a un 100% de fuentes de generación que no lo sean, sin recurrir a una estructura absolutamente desproporcionada: tenemos una punta de demanda actualmente de unos 43.000 MW, que podría incrementarse hasta el rango de los 56.000 a 65.000 MW en 2030, pero según las previsiones del PNIEC en esa fecha habrá 214.000 MW de potencia instalada y una enorme red de transporte en la que habremos invertido 52.000 millones de euros, así como otra importante cifra en 15.000 MW nuevos de almacenamiento, en su mayor parte reversibles de bombeo. En esas condiciones, ¿no se verá limitada la generación eólica y solar con vertidos excesivos, en determinados periodos, por falta de consumidores, con el consiguiente quebranto para los inversores? El sistema será único en el mundo, puede que incluso funcione, pero no será excelente, no será competitivo, y habremos perdido una oportunidad de oro.

Conclusiones:

1. **Productividad y PIB.** Entre 2008 y 2024 la productividad y el PIB crecieron en Europa el 12% y el 23% respectivamente, 11 puntos menos en ambos casos en relación con los EE.UU. El crecimiento en España en ese periodo fue de solo el 7% en productividad y el 18% en PIB. El Informe Draghi trata de abordar una solución al problema que esas cifras plantean para la UE: nos encontramos en un peligroso proceso de estancamiento que debemos revertir, más severo en España. Entre las propuestas que señala, se encuentra la transición del Sistema Energético Europeo hacia otro más eficiente, y descarbonizado en el horizonte de alcanzar la neutralidad en carbono en 2050. La energía de base del Sistema Eléctrico se obtendría de la extensión de vida a largo plazo de los parques nucleares que ahora operan en Europa (no emiten CO₂ y la UE los ha clasificado como limpios), así como del despliegue de una nueva generación de centrales nucleares a ir construyendo en el próximo futuro: fundamentalmente, los nuevos SMR de 300 MW, actualmente en desarrollo tanto en EE.UU como en Europa. La UE ha emitido recientemente el denominado Mandato Negociador, con su postura para la Conferencia Climática COP 29 de la ONU, a celebrar en noviembre de 2024 en Azerbaiyán, en la que propone “acelerar las tecnologías de cero y bajas emisiones”, entre las que implícitamente se encuentra la nuclear.
2. **Una Oportunidad para España.** Estamos actualmente por debajo del 12% de participación de nuestro Sector Manufacturero en el PIB, lo que sin duda incide en el mantenimiento de cifras endémicas de paro y bajos salarios a los jóvenes. Necesitamos encontrar 4 o 5 áreas tecnológicas de interés en crecimiento, que podamos abordar y que nos permitan recuperar nuestra actividad industrial, con el fin de crear empleos de calidad con efecto tractor sobre la economía. Tenemos unas condiciones excepcionalmente buenas en relación con otros países europeos para la transición de nuestro Sistema Eléctrico actual a otro fiable, seguro, eficiente y descarbonizado. El objetivo de ser un operador muy

cualificado de las mejores soluciones existentes en el mundo, está a nuestro alcance: tenemos territorio y un buen nivel de insolación para un amplio despliegue de renovables, un sistema hidroeléctrico que permite su transformación para obtener un buen volumen de almacenamiento en bombeo reversible, así como varias de las operadoras eléctricas mejor cualificadas del mundo. Disponemos de 7,4 GW en nucleares, cuya vida puede ser extendida a largo plazo como se está haciendo con otras centrales similares en EE.UU y en Europa, así como un parque de modernos ciclos combinados de gas, de 26,6 GW. Entre ambos, garantizan que el proceso se pueda llevar a cabo sin riesgos, aunque haya retrasos importantes en el plan del PNIEC.

3. **La Base Nuclear.** Tanto en los EE.UU como en Europa se ha impuesto una política de apoyo a la energía nuclear como la generación de base para la transición a la descarbonización de los sectores eléctrico y energético: extensión de vida a largo plazo de los parques nucleares actuales, desarrollo de una nueva generación de centrales nucleares estándar de menor tamaño (los SMR en el rango de los 300 MW, fundamentalmente), junto al impulso al desarrollo de otras aplicaciones muy prometedoras, de la radiactividad, la fisión y la fusión nuclear, en aplicaciones médicas, reducción de residuos, mejora del uso del combustible, nuevos tipos de reactores, producción de calor para usos industriales y un largo etc. España no puede acabar siendo el único país en el mundo que en circunstancias tan favorables cierra centrales nucleares renovadas al “estado del arte” y abandona un área de tanto interés, donde ya posee unas capacidades importantes. No se trata de retomar ahora la construcción de nuevas centrales nucleares, pero sí de participar en ello en otros países, como nuestra industria ha hecho en el pasado y hace ahora, atentos a los resultados que se vayan obteniendo. Un periodo de observación y participación de unos 5 años, sería una opción de prudencia.
4. **Grandes Consumidores de Energía.** Existen oportunidades de gran interés para instalar en España grandes consumidores de energía eléctrica, entre los que se encuentran Centros de Datos y Electrolizadores para la producción de hidrógeno. Se trata de instalaciones que consumen en base cientos de MW. España podría asumir para Europa el papel que tiene ahora el Estado de Virginia, que proporciona el 20% de todos los CDs en los EE.UU. Podemos exportar energía al resto de Europa en forma de “bytes”, ahorrando líneas eléctricas y gaseoductos. En el plazo de unos 10 años, España podría tener instalados 8.000 MW en CDs, con un consumo en el entorno de los 60.000 GWh. Los propietarios de los CDs solo aceptarán energía de base fiable y descarbonizada, entre la que se encuentra, fundamentalmente, la nuclear: Microsoft, Google y Amazon están ya invirtiendo y apoyando el desarrollo de SMRs. En cuanto a los Electrolizadores, será bueno estar, pero con prudencia: no podemos tratar de convertirnos en un “campeón mundial” en un tema todavía no consolidado, y que volvamos a repetir el error del apoyo prematuro a la fotovoltaica.
5. **El Automóvil Eléctrico.** Preservar en España la presencia de una importante industria del automóvil debe ser un objetivo de absoluta prioridad. Para ello una

eficiente transición hacia el Vehículo Eléctrico (VE) es fundamental, lo que precisa el despliegue temprano de la red de recarga, que el precio de la electricidad sea competitivo, que sigan bajando los precios de las baterías y que las subvenciones lleguen con rapidez a los compradores. El Sector del Automóvil, en su transición hacia el VE, se encuentra en crisis en Europa por la competencia de China y deberá ser profundamente reestructurado. El precio de la energía será el factor fundamental, ya que en la fabricación del VE parece que duplica los costes laborales.

6. **Responsabilidad Social.** El proceso de desarrollo hacia la descarbonización implica un volumen de inversión considerable y sostenido que afectará a amplias zonas de nuestro territorio. Ello ofrece la posibilidad de poner en pie un ambicioso Plan de Responsabilidad Social que, además de ordenar el territorio y favorecer su modernización, cree puestos de trabajo en actividades diversificadas, de manera directa e indirecta. Los efectos serán positivos para todos los sectores, por lo que es necesario plantearlo pronto e informar con eficacia a los ciudadanos: el apoyo social es fundamental para garantizar el éxito de un proceso tan importante si está bien planteado. En el Reino Unido, en relación con su programa nuclear han implantado un sistema novedoso cuyos resultados sería de interés conocer: todas las empresas que participan en la construcción de una central nuclear deben presentar con sus ofertas un plan de dinamización de la actividad económica y del empleo en la zona.
7. **El Sistema Eléctrico Excelente.** La transición hacia un sistema descarbonizado, seguro, fiable y competitivo, es una base muy atractiva para la implantación de todo tipo de industria, así como para el desarrollo de iniciativas para el desarrollo de nuevas energías: hidrógeno y biocombustibles, fundamentalmente. No se ve la posibilidad de conseguir ese sistema si se cierran las nucleares actuales. Es necesario que se estudie formalmente este tema. Se van a sustituir 56.000 GWh de base, nuclear, con un costo de explotación, sin tasas ni impuestos, de alrededor de 40 euros por MWh, por renovables, almacenamiento y ampliación de la red, con una inversión estimada en más de 60.000 millones de euros, que se podría evitar, y un costo global, sin impuestos, en el entorno de 66,7 euros por MWh, muy alejado del rango de competitividad.

Adolfo García Rodríguez
26 de febrero de 2025

Adolfo García Rodríguez, es Dr. Ingeniero del ICAI y Expresidente de la Ingeniería Empresarios Agrupados (EA)

