

**ENERGÍA NUCLEAR:
LA GESTIÓN DEL COMBUSTIBLE USADO**

**CORTES GENERALES
2011**

ENERGÍA NUCLEAR: LA GESTIÓN DEL COMBUSTIBLE USADO

SEMINARIO ORGANIZADO POR LA ASOCIACIÓN
DE EX DIPUTADOS Y EX SENADORES
DE LAS CORTES GENERALES

Congreso de los Diputados,
19 de noviembre de 2010

CORTES GENERALES
2011

© Congreso de los Diputados
Dirección de Estudios, Análisis y Publicaciones
Departamento de Publicaciones
Floridablanca, s/n - 28071 Madrid

ISBN: 978-84-7943-418-2
Depósito Legal: M. 40.252-2011

Producción Gráfica: Closas-Orcoyen, S. L.
Polígono Igarsa. Paracuellos de Jarama (Madrid)
Madrid, 2011

ÍNDICE

	<u>Pág.</u>
APERTURA	
Antonio Cuevas Delgado, <i>Presidente de la Comisión de Industria del Congreso de los Diputados</i>	13
Manuel Acero García, <i>Presidente del Instituto de Ingeniería de España</i>	15
José Ramón Busto Sáiz, <i>Rector de la Universidad Pontificia Comillas</i>	19
LA ENERGÍA NUCLEAR EN EL MIX ENERGÉTICO ESPAÑOL	
Ponencia: CONTRIBUCIÓN DE LA GENERACIÓN NUCLEAR EN LA OPERACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO ESPAÑOL	23
Alberto Carbajo Josa, <i>Director General de Operación de Red Eléctrica de España</i>	23
Ponencia: LA ENERGÍA NUCLEAR: LA GESTIÓN DEL COMBUSTIBLE USADO	37
José E. Gutiérrez, <i>Presidente de la Sociedad Nuclear Española.</i>	37
Moderadora: Yolanda Moratilla, <i>Presidenta del Comité de Energía del Instituto de Ingeniería de España</i>	
LA GESTIÓN DEL COMBUSTIBLE USADO Y RESIDUOS RADIOACTIVOS	
Ponencia: COMBUSTIBLE USADO: ¿RESIDUO O FUENTE ENERGÉTICA?	49

Javier Quiñones Díez, <i>Jefe de la Unidad de Residuos Radiactivos de Alta Actividad, CIEMAT</i>	49
Ponencia: LA SEGURIDAD EN LA GESTIÓN DEL COMBUSTIBLE GASTADO Y LOS RESIDUOS DE ALTA ACTIVIDAD	67
Rafael Cid Campo, <i>Subdirector General de Tecnología Nuclear. Consejo de Seguridad Nuclear</i>	67
Ponencia: LA GESTIÓN DEL COMBUSTIBLE GASTADO Y LOS RESIDUOS RADIATIVOS DE ALTA ACTIVIDAD	81
Pablo Zuloaga Lalana, <i>Jefe del Departamento de Ingeniería de Residuos de Alta Actividad de ENRESA</i>	81
Moderador: Eduardo Vallejo de Olejúa, <i>Vocal de la J.D. de la Asociación de ex Diputados y ex Senadores de las Cortes Generales</i>	

LA GESTIÓN DE RESIDUOS RADIATIVOS. LA EXPERIENCIA EUROPEA

Ponencia: LA PROPUESTA DE DIRECTIVA RELATIVA A LA SEGURIDAD DE LA GESTIÓN DEL COMBUSTIBLE NUCLEAR GASTADO Y LOS RESIDUOS RADIATIVOS.....	97
Carlos de Miguel Perales, <i>Socio de Uría-Menéndez. Profesor de Derecho civil por la Universidad Pontificia de Comillas</i>	97
Ponencia: REPROCESO DEL COMBUSTIBLE USADO: ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN BELGA.....	103
Hubert Druenne, <i>Ingeniero Jefe, Estudios de Combustible, Tractebel Engineering GDF Suez. Bélgica</i>	103
Ponencia: GESTIÓN DEL COMBUSTIBLE USADO EN EUROPA	113

Bertrand Barré. <i>Ex Presidente de la Academia de Energía Nuclear Internacional. Ex Presidente de la Sociedad Nuclear Europea. Consejero Científico del Grupo Areva</i>	113
Moderadora: María Teresa Estevan Bolea, Ex Presidenta del Consejo de Seguridad Nuclear	

MESA REDONDA: LA VISIÓN POLÍTICA*

Antonio Erías Rey, <i>Grupo Parlamentario Popular. Portavoz en la Comisión de Industria, Turismo y Comercio del Congreso de los Diputados</i>	139
Jesús Alique López, <i>Grupo Parlamentario Socialista. Portavoz en la Comisión de Industria, Turismo y Comercio del Congreso de los Diputados</i>	145
Moderadora: Rosario García Linares, Vocal de la J.D. de la Asociación de ex Diputados y ex Senadores de las Cortes Generales	137

CLAUSURA*

Carlos Robles Piquer, <i>Vicepresidente de la Asociación de ex Diputados y ex Senadores de las Cortes Generales</i>	151
Carmen Martínez Ten, <i>Presidenta del Consejo de Seguridad Nuclear</i>	153
Cayetano López Martínez, <i>Director General, CIEMAT</i>	159

* Transcripciones de las intervenciones del 19 de noviembre de 2011.

APERTURA

Antonio Cuevas Delgado

Presidente de la Comisión de Industria del Congreso de los Diputados

Buenos días, Excmas. Autoridades, Señoras y Señores: Es para mí una satisfacción intervenir en este acto de apertura de este seminario sobre residuos nucleares y agradezco a sus organizadores su amable invitación.

La energía nuclear y la gestión de los residuos nucleares son temas de indudable interés y de plena actualidad en el mundo y también en España. Uno de los principales puntos de debate y de controversia de la energía nuclear tiene que ver con la gestión de los residuos, que son en realidad el combustible gastado en las centrales nucleares. A lo largo del tiempo han evolucionado los conceptos y las ideas sobre cómo resolver este problema de la mejor manera posible, evolución paralela al mismo avance de la tecnología nuclear. Los expertos aseguran que en las próximas décadas se producirán avances importantes que nos permitirán reducir notablemente su tiempo de confinamiento, así como conseguir que puedan ser reutilizados.

En nuestro país se ha mantenido constante la preocupación por buscar la mejor solución, desarrollándose en este tiempo numerosas iniciativas y estudios para definir el tipo de almacenamiento más conveniente, teniendo en cuenta nuestras características y necesidades, así como la evolución del mismo concepto de almacenamiento, desde los iniciales proyectos de almacenamientos en profundidad hasta los más recientes en superficie, según las experiencias de las soluciones ya en funcionamiento en otros países. En el Parlamento hemos estudiado y debatido ampliamente este asunto en el seno de la Comisión de Industria Turismo y Comercio, llegando a la conclusión de que la mejor solución para nuestras necesidades era la construcción de un Almacén

Temporal Centralizado en superficie (ATC), y así lo hemos aprobado en ésta y en la anterior legislatura, instando al Gobierno para que lo llevara a efecto con el concurso de ENRESA.

Actualmente ya se han cumplido prácticamente todos los trámites del proceso que el propio Gobierno se impuso con la mayor información y transparencia como eje central y sólo queda, por tanto, decidir el emplazamiento definitivo de entre los municipios que lo han solicitado.

Esperemos que esta decisión se tome cuanto antes porque las piscinas de nuestras centrales donde se almacena provisionalmente el combustible gastado están al borde de la saturación y en alguna central ya se ha tenido que adoptar una solución provisional, pero no idónea desde el lado de la protección de los propios residuos, como es su almacenamiento en seco en contenedores instalados en las propias centrales fuera del edificio de contención.

La razón fundamental de construir un ATC es la protección del combustible gastado de agentes externos, manteniéndolo debidamente confinado en contenedores sellados en atmósfera inerte, que a su vez se protegen en un edificio diseñado para resistir cualquier eventualidad y que no requiere nada más que ventilación por convección.

Junto a este ATC se construirá también un Centro de Investigación sobre los residuos nucleares y la mejor forma de confinamiento y almacenamiento futuros.

Espero haber cumplido con la brevedad que se requería, en esta sesión de apertura del seminario, les deseo un buen trabajo y muchas gracias por su atención.

Manuel Acero García

Presidente del Instituto de Ingeniería de España

De mis tiempos de profesional dedicado durante muchos años a la generación de la energía nuclear, quiero resaltar la frustración permanente producida por la falta de adecuada comunicación con los distintos sectores de la sociedad, que hacía complicado y problemático lo que en muchas ocasiones podría explicarse con claridad. No pretendo simplificar el problema, pero creo que está precisamente en eso, no está en sí mismo, no es un problema interno. El problema de los residuos radiactivos tiene un curso, tiene una acción suficientemente clara, suficientemente controlada y lo que no cubre ese curso de acción son las opiniones que se emiten ni las controversias que se generan.

Una nota del Foro Nuclear del 3 de noviembre dice lo siguiente «La Comisión Europea ha presentado esta misma mañana la propuesta de Directiva sobre la “Gestión del combustible gastado y los residuos radiactivos” que tendrá que ser aprobada posteriormente por la Eurocámara. Esta propuesta de directiva permitirá así contar con un marco jurídico en el que todos los Estados Miembros van a tener que definir y aplicar Programas Nacionales para la gestión a largo plazo de los residuos, reconociendo al mismo tiempo que existe un consenso a nivel científico y técnico que indica que los almacenes geológicos profundos son una solución segura para su disposición final». Esto significa un paso adelante e incuestionablemente es muy bien recibido y se espera que con estos trámites se pueda seguir avanzando.

En el asunto que más nos ocupa en estos momentos, que es el ATC, el Parlamento ha hecho una labor magnífica ya que ha establecido una secuencia, una identificación del proceso, unas soluciones, unos tratamientos que han ayudado muchísimo. De hecho, la Comi-

sión de Industria instó al Gobierno en 2004 a que pusiera en marcha el proyecto de una instalación de almacenamiento centralizado. En 2006, el Gobierno recogió en el VI Plan de Residuos Radiactivos que la construcción de un ATC era prioritaria. Ese mismo año se creó una Comisión Interministerial, una página web, contactos entre los distintos sectores de la sociedad, Ayuntamientos, Corporaciones Regionales, público en general... y se empezó a trabajar y a avanzar. La Secretaría de Estado de Energía lanzó en diciembre de 2009 la convocatoria pública para la selección de los municipios candidatos y se esperaba que este verano pudiéramos tener luz verde sobre el tema. Estamos ante un proceso completo, se ha seguido un orden transparente y, aún más, el ATC es un hecho irreversible. Las centrales nucleares producen residuos y lo que no parece sensato es no enfocar ese problema, no enfrentarse con él y no darle una solución. ¿Se quiere controlar, se quiere cuestionar? Que se cuestione, pero que se parta de su necesidad, que parece que para algunos el ATC es un lujo innecesario. En relación a su impacto, desde el punto de vista de la seguridad es una instalación básicamente pasiva que no genera problemas de seguridad y eso está asumido y reconocido en todo el mundo. La experiencia de otros centros es múltiple. Hay hasta 10 países, Alemania, Bélgica, Rusia, Estados Unidos, Francia, Holanda, Japón, Reino Unido, Suecia y Suiza que tienen instalaciones de este tipo, no exactamente iguales, pero instalaciones dedicadas al almacenamiento temporal centralizado. En relación al impacto medioambiental, no produce emisiones, el control que se permite a sí mismo el ATC es muy alto. El impacto económico es importante, un ejemplo magnífico es El Cabril. Una vez que la zona tiene una instalación nuclear, los más próximos conviven con ella muy bien, sin lugar a duda. Todo lo anterior demuestra que el ATC es un proyecto viable y que no debería plantear problemas. Sin embargo, partidos políticos, Comunidades, Ayuntamientos, grupos sociales, etc., han entrado en un debate, que no discusión, entendiendo debatir por mantenerse en la posición a ultranza sin más, difícil de entender porque con todos los precedentes, los datos que hay y los que se tienen que manejar no se entiende, más que por aquello de la problemática social, que se esté en una situación tan incontrolada desde el punto político y mediático como la que se tiene ahora. Desgraciadamente no es la primera vez, el caso de Garoña es otro ejemplo similar que muestra lo

desafortunado de no considerar las instituciones y de no valorar el conocimiento a la hora de tomar decisiones trascendentes como éstas.

Por todo lo anterior, hago una llamada al mundo político para conducir el tema por sus cauces naturales evitando un uso interesado de lo que es una necesidad nacional, sin concesión a peligros ni oscuridades de ningún tipo. La experiencia nos ilustra sobre el verdadero alcance de estos temas. Los que estábamos en el mundo nuclear cuando se gestionaba El Cabril, oíamos todos los días lo que iba a pasar con los residuos, con las instalaciones médicas, con toda la parafernalia de actividades que tenían que ver con la radioactividad. El Cabril se hizo, empezó a funcionar y ahí está, una trayectoria completamente clara, limpia y, además, cero problemas. Los residuos de baja y media actividad acabaron ahí su problemática. Desmantelar una central nuclear era una crisis, era inviable, impensable, cómo se iba a conseguir desmontar una instalación tan compleja, y ordenar aquello, clasificarlo y guardarlo, etc. Se hizo Vandellós en precio y plazo y les animo a que se informen sobre lo que está pasando con Zorita. Se hizo Vandellós, funcionó correctamente y Zorita va ya por el mismo camino pero con prácticamente cero eco mediático. Es otra demostración de cómo ha evolucionado el tema una vez que la gente ha adquirido un conocimiento concreto. Mi opinión es que con el ATC va a pasar exactamente lo mismo. El día que el ATC esté funcionando, se acabó el debate. A veces creo que eso es lo que preocupa a algunos, que sea tan claro y tan limpio que digan ¿y ahora como cuestiono la energía nuclear?

Publicaciones como ésta seguro que ayudarán al normal desarrollo del ATC y propiciarán que, al igual que en otros países, la energía nuclear tenga un adecuado tratamiento para el mejor futuro de nuestra sociedad.

José Ramón Busto Sáiz

Rector de la Universidad Pontificia Comillas

El Instituto Católico de Artes e Industrias (ICAI) forma parte de la Universidad Pontificia de Comillas desde 1978. Pero el ICAI, que durante el curso 2008-09 celebró su primer centenario, nació cuando comenzaba la electrificación de España, por lo que desde su origen esta Escuela de Ingenieros ha estado estrechamente comprometida con todo lo relacionado con la energía. No es necesario decir que desde aquellos comienzos, a principios del siglo XX, hasta hoy mucho han cambiado las cosas en los asuntos energéticos. El ICAI ha estado involucrado desde entonces en investigación en temas de energía y lo sigue estando. Cuenta con grupos de investigación significativos, como son el constituido en torno a la Cátedra BP de «Energía y Sostenibilidad» y el que aglutina la «Cátedra Rafael Mariño de Nuevas Tecnologías Energéticas», financiado en la actualidad por IBERDROLA y cuya directora es la profesora Doctora Yolanda Moratilla. Así, pues, en nuestra Universidad, desde hace ya varios años, se viene desarrollando investigación relevante sobre las nuevas tecnologías energéticas que ha dado lugar a una colección de publicaciones titulada «Análisis de situación y perspectivas de Nuevas Tecnologías Energéticas». Los libros que hasta el momento han aparecido abordan temas como la energía eólica, el hidrógeno como vector energético, la energía fotovoltaica, la biomasa, las pilas de combustible, la eficiencia energética y finalmente la enseñanza de la ingeniería en relación con el desarrollo sostenible. Puedo decir con satisfacción y con verdad que lo relativo a la energía y sostenibilidad es uno de los puntos fuertes de la investigación tecnológica en nuestra Universidad.

No es, sin embargo, en los temas de energía nuclear donde nuestra Universidad está más fuerte aunque colaboramos con algunos pro-

yectos de investigación del CIEMAT. En este campo nuestra investigación se centra en un aspecto, los sistemas térmicos, en el que sí creemos que somos relevantes. En un momento en que el concepto de sostenibilidad se ha convertido en moneda de circulación común en el discurso habitual de políticos y medios de comunicación me parece importante que se desarrollen publicaciones como ésta. Creo que la pregunta pertinente no es sólo cómo conseguir la sostenibilidad, sino si la misma sostenibilidad es posible. Probablemente es imposible extender a todos los habitantes del planeta el nivel de consumo energético que tenemos los que vivimos en los países más desarrollados, y aquí radica, a mi modo de ver, el problema global más importante. Por otro lado, puede que la sostenibilidad sea sencillamente imposible sin energía nuclear. De ahí que me parezca una buena iniciativa abordar la cuestión de la energía nuclear en el marco del Congreso de los Diputados, pues es preciso, en este tema, pasar del ámbito de los especialistas al ámbito de las decisiones y, por tanto, al ámbito de la política.

Quiero finalizar expresando la satisfacción que supone para mí la participación de la Universidad Pontificia Comillas, junto con el Instituto de Ingeniería de España (IIE), en esta publicación y manifestando la disponibilidad de la Universidad Pontificia Comillas y, en concreto, de sus equipos de investigación en temas energéticos para colaborar en cuanto se precise en relación con la sostenibilidad y las nuevas tecnologías energéticas.

LA ENERGÍA NUCLEAR EN EL MIX ENERGÉTICO ESPAÑOL

CONTRIBUCIÓN DE LA GENERACIÓN NUCLEAR EN LA OPERACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO ESPAÑOL

Alberto Carbajo Josa

Director General de Operación de Red Eléctrica de España

En este apartado se trata fundamentalmente la contribución que la energía nuclear tiene en la operación del sistema. En un país con el 81% de dependencia energética creciente, que en el año 2030 veremos cerca del 93%, prescindir ideológicamente de una fuente de energía me parece infantil. Además, considero que todas las energías son necesarias pero más en los países con una gran dependencia energética.

La política energética comunitaria no existe, como tal, en los Tratados. Se ha hecho política energética a través de la política medioambiental y de la política de competencia y, últimamente, es en el Tratado de Lisboa donde se permite que haya una exigencia de modificación del mix energético de los Estados Miembros. Éstos han aceptado que al menos un 20% del mix tenga energía de origen renovable. El objetivo estratégico fundamental es la reducción en un 20% de las emisiones de CO₂ y para ello establece tres objetivos instrumentales que son:

- Introducir un 20% de energía proveniente de renovables en el mix.
- Mejorar el ahorro y eficiencia energética en un 20%.
- Introducir un 10% de biofueles en la movilidad.

Destaca el carácter entrelazado de cada uno de los tres vectores de las políticas comunitarias: el medioambiente, la seguridad de suministro

y la competitividad, por lo que es difícil posicionarse exclusivamente en una de las tres patas porque dejaríamos el resto de los vectores al aire.

La situación actual es la siguiente: Hemos ido incrementando hasta los dos últimos años el consumo de energía de manera alarmante y, además, lo hemos ido incrementando con una pauta de consumo, seguramente por nuestra situación geográfica en el sur de Europa, con un gran apuntamiento entre el consumo en la noche, los valles, y el consumo en las puntas, lo cual hace que sea especialmente difícil con una curva así integrar energías no gestionables. Además, estamos ante un modelo de sector basado en una liberalización a través de la Ley 54/1997, del Sector Eléctrico, en las fases del suministro que son potencialmente competitivas: la generación y la comercialización. Pero ese modelo se hizo sobre el mix de generación que había en su momento. Hoy habría que revisar si ese modelo se adapta adecuadamente al mix actual, porque existe una gran cantidad de generación que presenta ofertas en el mercado de generación precio-acceptantes, con lo cual el precio que se revela en el mercado puede que no sea el más correcto.

Se sigue creciendo en la dependencia exterior y en condiciones normales, no en los años de depresión económica en los que hay una caída en la actividad económica y, por lo tanto, una caída en la demanda eléctrica, siguen aumentando las emisiones de CO₂. Ambos factores nos conducen a la necesidad de un cambio en el mix de generación y entre otros ingredientes se han incorporado las energías renovables.

¿Hacia dónde vamos? A que la electricidad cada vez va a ser más importante en el futuro, nos dirigimos a través de las estrategias de ahorro y eficiencia energética a una moderación de la demanda. Además van a seguir aumentando las renovables y se necesitará para la introducción de esas renovables otra potencia firme y gestionable de respaldo que permita utilizarlas cuando el recurso primario en la que se basan las renovables no esté disponible. Porque en todo caso, se tiene que mantener el equilibrio entre la generación y la demanda.

¿Por qué es la electricidad importante?

Desde el lado de la oferta, es importante porque es el vehículo para la introducción de las energías renovables, éstas son aprovechables si son transformadas previamente en electricidad, y también para la incorporación de tecnologías energéticas más limpias. Pensemos en la

energía nuclear, su utilización también es a través de su transformación en electricidad.

Desde el lado de la demanda, es importante porque permite una sociedad del conocimiento, porque está integrada en nuestra vida diaria y, además, cada vez vamos hacia un mayor nivel de equipamiento eléctrico en los procesos industriales y en el sector doméstico. En definitiva, la electricidad va a ser el vector más relevante del siglo XXI dentro de los energéticos.

La electricidad tiene unas características muy importantes: no se puede almacenar, es difícil diferir la demanda y en algunos usos no tiene bienes sustitutivos, con lo cual, como decimos, es realmente el vector del siglo XXI.

Todo lo anterior hace que se vaya a un nuevo modelo energético que estará basado en las renovables. Para ello, tendremos que hacer gestión de la demanda, vamos a tener unas renovables que no están donde queremos nosotros, sino donde está el recurso. Por lo tanto, va a haber una generación distribuida y esto tiene gran importancia porque habrá que hacer redes que conecten la generación que se produzca con fuentes de energía renovables. Pero no siempre tenemos el recurso y, por lo tanto, también tenemos que tener otra potencia firme que supla a las renovables y también tiene que ser evacuada y, por lo tanto, también se necesitan redes para ello. Es decir, que de alguna manera, las energías renovables engendran una necesidad superior de redes y lo que es una incoherencia absoluta es apostar por una energía renovable y limpia y, sin embargo, oponerse a las redes que son necesarias para evacuar eso. Espero que alguna vez la sociedad española madure y entienda que una cosa sin la otra es imposible. Además, necesitaremos, por esa tipología de consumo que tenemos los españoles, una acumulación de la energía. Lógicamente en el mercado interior de la energía habrá que armonizar también nuestros mercados y ello exigirá una mayor coordinación de los operadores de los sistemas. Ahora se está trabajando en el mercado ibérico y se pasará a armonizarnos inicialmente con el mercado de la iniciativa regional del sudoeste, es decir, con el mercado francés. Hay que cambiar horas, hay que eliminar algunas de las adherencias que tienen nuestros mercados que impiden una armonización directa y habrá que hacer algún trabajo al respecto.

Otro punto fuerte de penetración de la electricidad será el coche eléctrico y el transporte de mercancías por ferrocarril (gestión de movi-

lidad del transporte en superficie con emisiones cero) y que podrá ser un gran aliado de la electricidad si se hace adecuadamente. Es decir, que ayude a rellenar los valles y que permita, por lo tanto, reducir las inversiones futuras tanto de generación como de infraestructuras y además, al rellenar el valle, permita integrar en condiciones seguras más energía renovable.

La operación del sistema tiene dos grandes objetivos:

- Garantizar la continuidad y la seguridad de suministro eléctrico.
- Coordinar la generación y el transporte, asegurando que la energía producida es transportada hasta las redes de distribución con las condiciones de calidad y seguridad exigibles en la normativa vigente.

Como no se puede almacenar la energía eléctrica en cantidades relevantes, en cada instante hay que generar la misma energía que se está demandando por los consumidores, lo que tiene unas consecuencias que se explicarán a continuación.

El equilibrio dinámico Generación-Consumo

- La energía eléctrica no se puede almacenar (en la cuantía que requiere un sistema eléctrico).



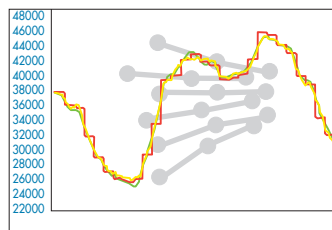
En cada instante se debe generar la energía demandada por los consumidores.

- La programación de los mercados diarios e intradiarios debe ser modificada por el OS para adaptarla a la realidad física del sistema.

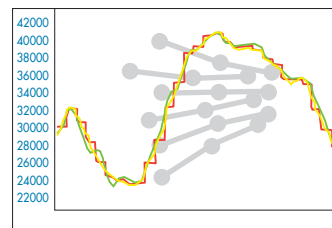


Servicios de Ajuste (generación gestionable).

Máximo diario 45455 MW a las 18:50 h 17/12/2007



Máximo diario 41318 MW a las 13:26 h 19/07/2010



Fuente: Elaboración propia. Red Eléctrica de España.

Figura 1: *Equilibrio dinámico Generación-Consumo.*

En la Figura 1 se ven dos curvas. Las dos representan la evolución de la demanda de electricidad en 24 horas. La primera es una curva de invierno, la curva del récord actual de demanda, la segunda es una curva de verano. En la curva de invierno, se ve un «valle», cuando la demanda es la más baja, lo que se produce entre las dos y las seis de la mañana y luego se ven dos «jorobas», ya que en la joroba última se añan además de actividad económica y, por tanto, consumo de electricidad, la climatización y la iluminación. En el valle es precisamente cuando más sopla el viento, ya que a partir de la puesta de sol se inicia una brisa que termina en viento. Pero hay que mantener la misma generación que la demanda. En el mercado tenemos varias fuentes de energía: una que, por tener unos costes variables muy bajos, resulta casada a muchas horas del día: es la energía nuclear, luego tenemos algo de agua fluyente y después tendríamos la energía fluyente de origen no gestionable que sería el viento. Necesitamos una energía firme y gestionable que nos acompañe a lo largo del inicio de la mañana para poder equilibrar la demanda, y esa energía tiene que ser una energía fiable. Hoy esa posibilidad sólo nos la ofrece el ciclo combinado o el carbón, en su potencia generada en función de las necesidades del sistema. Teniéndolos al mínimo técnico en el valle, les vamos dando instrucciones y van creciendo. No obstante, es necesario conseguir que esos valles sean mínimos para tener más grupos conectados y que ocupen menos espacio. En definitiva, si ese valle fuera más alto, no se minimizarían las ocasiones en las que no nos cabe toda la energía, la necesaria, fiable, que nos acompañe en el crecimiento de la curva de carga y la fluyente de carácter no gestionable que sería el viento. En algunos momentos, hemos tenido episodios en los que, por razones de seguridad de suministro, hemos tenido que dar instrucciones de limitación de producción a la eólica y éste es otro inconveniente, incurrir en un coste fijo alto para desperdiciar una energía autóctona en un país dependiente, una energía limpia en un país en el que tenemos problemas de CO₂ y que además es una energía de coste variable cero. Las cosas hay que hacerlas bien, si se apuesta por esto, hay que dar las herramientas para que la integración sea factible.

La robustez de los sistemas eléctricos tiene que ver realmente con su tamaño. Afortunadamente, España está conectada con el sistema europeo pero tiene una capacidad de interconexión muy escasa, 1300 MW. Está muy por debajo de la media europea e incluso de la recomen-

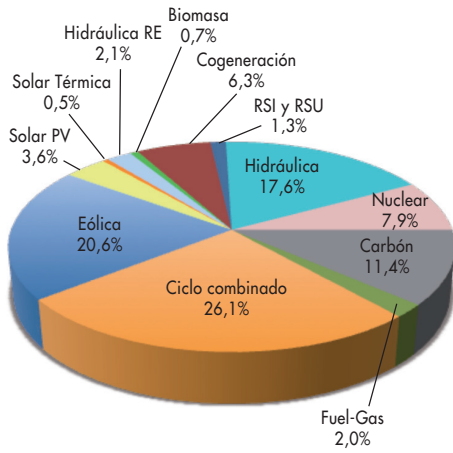
dación que, como mínimo se estableció en el Consejo de Ministros Europeo de 2002 que aconsejaba un 10% de la punta. Con la interconexión que se está haciendo por Cataluña se alcanzarán 3000 MW sobre los 4500 MW que serían ese 10%.

Planificación y Programación

En la operación hace falta hacer una planificación y una programación. La planificación es a años vista y tiene que ver con las necesidades de redes y de generación. La generación es indicativa y prevé la generación que será necesaria para cubrir la demanda y tener un cierto grado de sobreequipamiento. La planificación vinculante es para las redes y es competencia de la Administración Central en colaboración con las Comunidades Autónomas. REE es «herramienta de trabajo» de la Administración. Reunimos todas las sugerencias de agentes y Comunidades Autónomas y vemos la coherencia de las solicitudes planteadas.

La programación es a un año vista y hay que detectar las posibles situaciones de riesgo. Para ello, se elaboran diferentes escenarios con distinta hidraulicidad, tasa de fallo fortuito del equipo generador, etc. Se tienen que programar, además, las indisponibilidades, no sólo contemplar las de la generación, sino también abrir ventanas para que se puedan hacer los descargos de las líneas para realizar los trabajos de mantenimiento preventivo necesarios y, también, se ha de supervisar la disponibilidad del equipo generador, y calcular la capacidad de intercambio comercial a través de las interconexiones con los sistemas vecinos.

Para perseguir a la demanda y poder hacer todo este tipo de cosas, se necesitan unas reservas de actuación rápida con distintos tiempos de actuación. Esas herramientas son los servicios de ajuste que permiten al Operador del Sistema, en función de la evolución de la demanda, poder actuar. Antes, se tenía sólo la variabilidad de la demanda y se tenía en cambio una potencia firme, y ahora se está incorporando en el mix de generación una potencia variable, por lo que se suma a la variabilidad de la demanda la de la oferta, lo cual hace que posiblemente la cantidad de reservas que precisemos sea mayor y el coste también mayor.



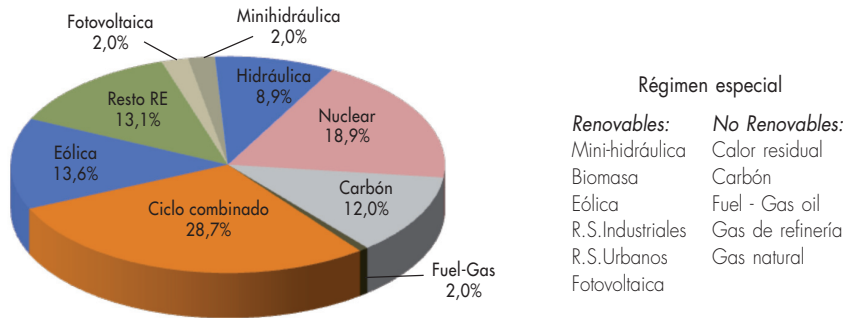
Tecnología	MW	%
Hidráulica	16.657	17,6
Nuclear	7.455	7,9
Carbón	10.789	11,4
Fuel-Gas	1.849	1,95
Ciclo combinado	24.633	26,1
Total régimen ordinario	61.383	64,96
Eólica	19.442	20,5
Solar	3.872	4,1
Biomasa	684	0,7
Hidráulica RE	1.965	2,1
Cogeneración	5.946	6,3
RSI y RSU	1.204	1,2
Total régimen especial	33.114	35,04
Total	94.497	

Operación del Sistema Eléctrico Español

Fuente: Red Eléctrica de España - Elaboración propia.

Figura 2: Potencia neta instalada octubre 2010.

En la Figura 2 se puede ver la potencia neta instalada en octubre de 2010 en la que supone la nuclear el 7,9%.



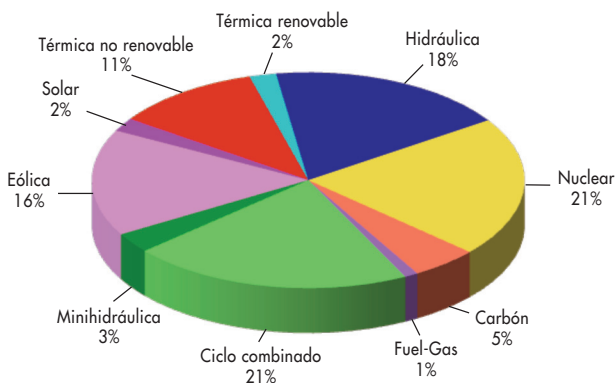
Régimen especial	
Renovables:	No Renovables:
Mini-hidráulica	Calor residual
Biomasa	Carbón
Eólica	Fuel - Gas oil
R.S. Industriales	Gas de refinería
R.S. Urbanos	Gas natural
Fotovoltaica	

251.509 = 181.614 Régimen Ordinario Neto
 + 81.785 Régimen Especial Neto
 - 3.770 Consumo bombeo
 - 8.120 Intercambios internacionales

Fuente: Red Eléctrica de España - Elaboración propia.

Figura 3: Cobertura de la demanda de 2009.

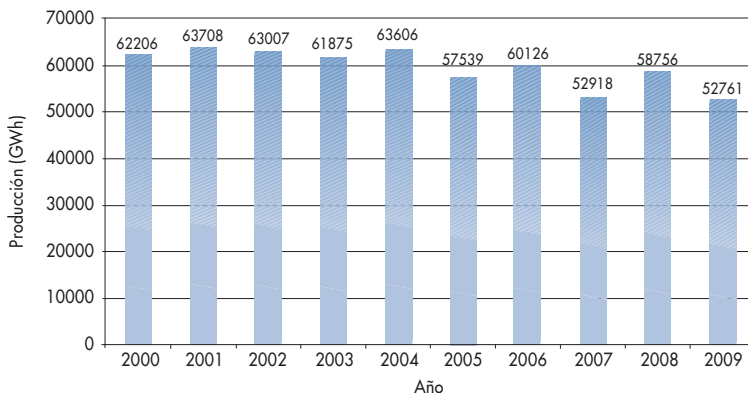
En la Figura 3, se ve la cobertura de la demanda de 2009, en la que la energía nuclear supuso el 18,9%. Fue un año hidráulico muy bueno, pero en cambio si se considera el primer semestre de 2010, la nuclear ha alcanzado ya el 21% (ver Figura 4).



Alta contribución de energías renovables —41%— debido a la alta hidraulicidad y eolicidad durante este período

Fuente: Red Eléctrica de España - Elaboración propia.

Figura 4: Cobertura de la demanda en el primer semestre de 2010.



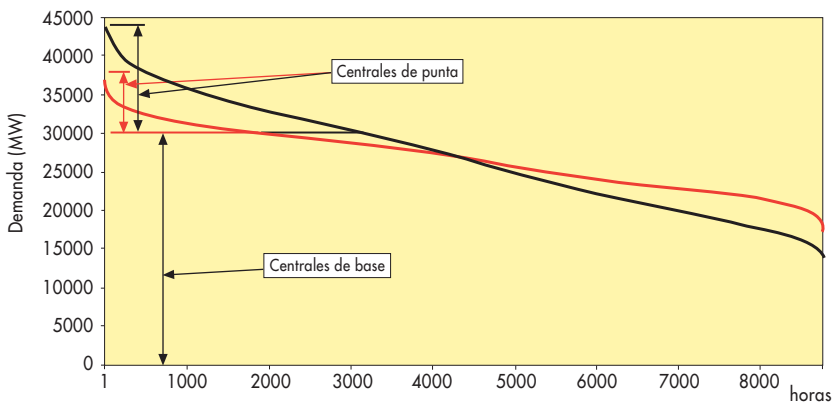
Aportación de energía de base predecible en términos anuales

Fuente: Red Eléctrica de España - Elaboración propia.

Figura 5: Energía anual generada por las centrales nucleares.

En la Figura 5, se puede ver la energía anual generada por las centrales nucleares.

En la Figura 6, se aprecia cómo es la curva de carga y se ve cuánto de apuntada es la misma que exige, para atender muy pocas horas del año del suministro, incurrir en una gran cantidad de inversiones que resultan ociosas en una gran parte de las horas del año.



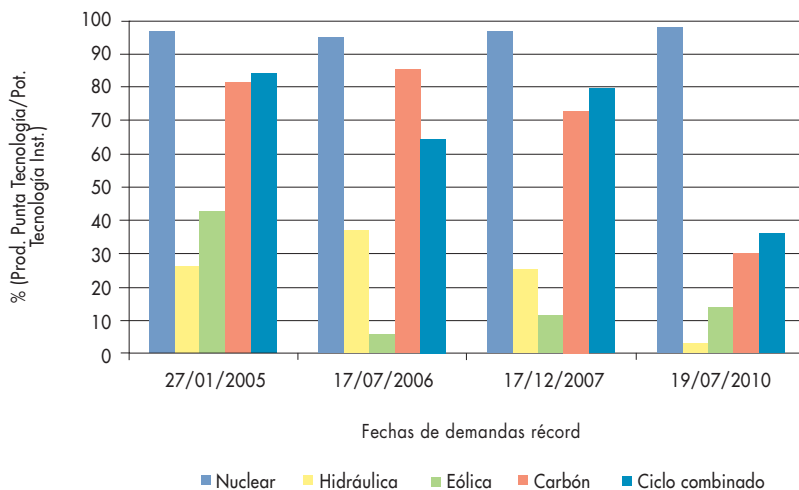
Con la misma energía de demanda anual, el achatamiento de la punta permite evitar capacidad de punta y un uso más intensivo de la generación de base

Fuente: Red Eléctrica de España - Elaboración propia.

Figura 6: *Apuntamiento de la demanda.*

En los diagramas de barras de la Figura 7 se ve la contribución que las tecnologías de generación hacen a la punta del sistema. En cada grupo de cinco barras, la primera corresponde a la nuclear, la segunda a la hidráulica, la tercera a la eólica, la cuarta al carbón y la quinta al ciclo combinado. Hay una variación importante. Se aprecia una gran estabilidad de la aportación de las centrales nucleares a la punta del sistema.

Aportación de potencia fiable cuando lo necesita el sistema

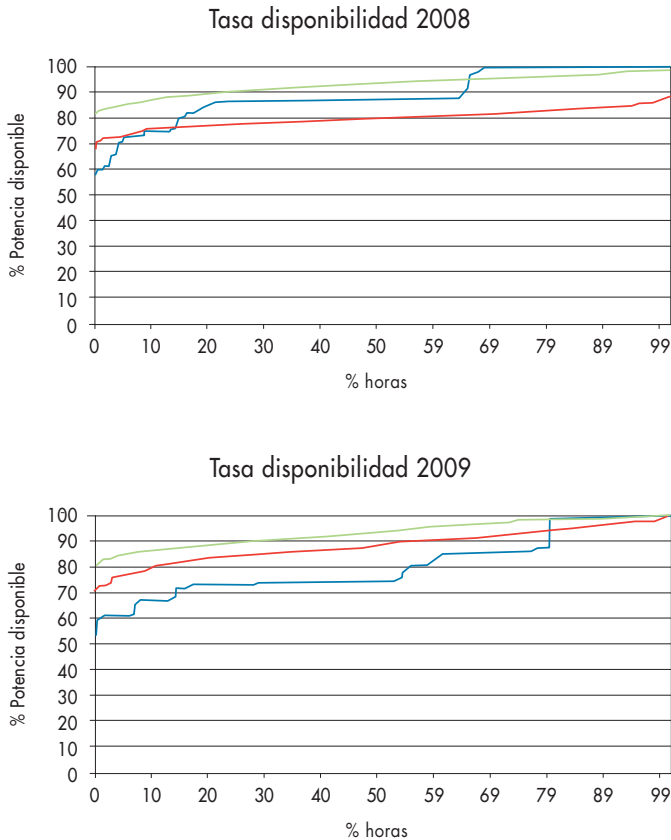


Coefficiente simultaneidad de generación nuclear superior al 94% en todos los casos

Fuente: Red Eléctrica de España - Elaboración propia.

Figura 7: *Contribución de las distintas tecnologías a la punta del sistema.*

Las centrales nucleares tienen una alta disponibilidad, como se refleja en las gráficas de la Figura 8, en las que la tasa de disponibilidad de las nucleares corresponde con la línea que se inicia en la parte más inferior del eje de ordenadas. Dentro de las indisponibilidades, las hay de dos tipos, las programadas y las fortuitas. Éstas últimas son escasas en el parque nuclear. Las programadas, por su parte, no son problema para el operador del sistema porque conociendo que están indisponibles, ya se hace una programación teniendo en cuenta esta circunstancia. Las tasas de fallo, por otro lado, tampoco son muy altas. Las centrales nucleares hacen sus recargas y, por lo tanto, se desacoplan en los momentos menos dañinos para el sistema eléctrico aprovechando los momentos de menos demanda.



- La mayor parte de las indisponibilidades nucleares corresponden a sus períodos de revisión y mantenimiento, es decir, son predecibles.
- Las tasas de fallo fortuito son reducidas.

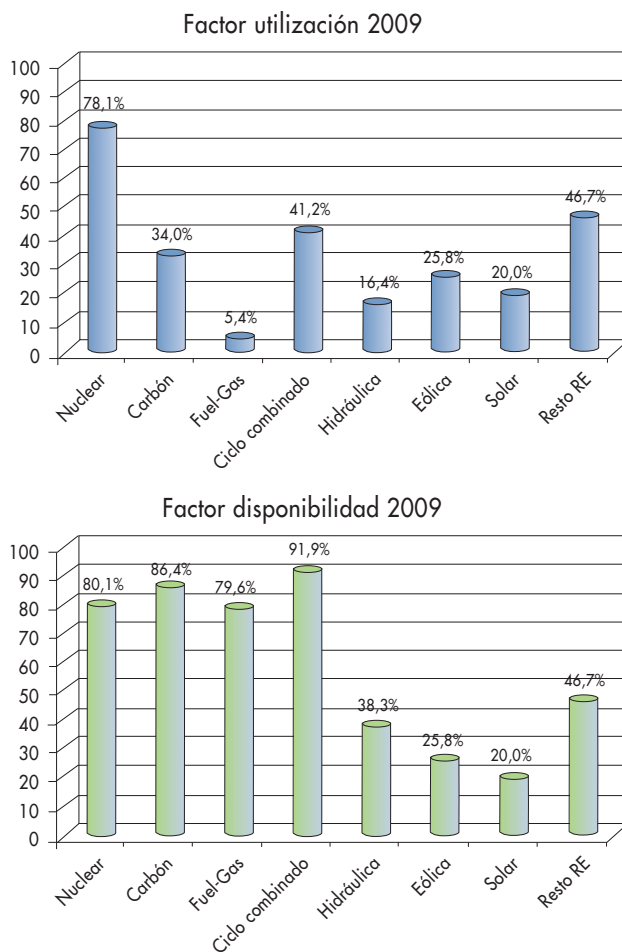
Fuente: Red Eléctrica de España - Elaboración propia.

Figura 8: *Tasa de disponibilidad 2008 y 2009.*

En la Figura 9, se ve el factor de utilización. Como las centrales nucleares tienen un coste variable bajo, tienen un factor de utilización alto que se parece mucho a su disponibilidad. Las otras tecnologías pueden estar disponibles pero como tienen costes de utilización más altos no funcionan. La nuclear sí.

Costes variables bajos
 Disponibilidad total de energía primaria

➔ Factor de utilización prácticamente igual al factor de disponibilidad



Fuente: Red Eléctrica de España - Elaboración propia.

Figura 9: Factor de utilización y factor de disponibilidad.

Además, las centrales nucleares tienen una ventaja muy importante y es que ayudan mucho al control de tensiones. Se tiene que mantener el equilibrio generación-demanda y dentro de la generación, entre activa y reactiva, a eso ayudan las centrales nucleares. Son unas máquinas gran-

des, robustas y tienen una inercia que permite una estabilidad en el sistema. El problema que tienen es su rigidez, no tienen flexibilidad para poder ayudar a la operación del sistema con un mix que se ha modificado introduciendo muchas renovables. Al menos esta generación de nucleares es muy rígida. Es posible que generaciones futuras, si existen, tengan esa mayor flexibilidad que ayude también en la operación del sistema. En los valles con demandas mínimas es imposible el poder integrar, en ocasiones, grandes contingentes de producción renovable.

Por último, las centrales nucleares tienen una ubicación bastante estratégica en la Red de Transporte, con lo que ayudan bastante al control de las tensiones, que es un problema local. Las centrales nucleares están situadas relativamente cerca de la demanda. Ofrecen garantía, fiabilidad y, además, seguridad del suministro.

Como conclusión, existe una importante contribución de las centrales nucleares en la cobertura de la demanda del sistema. La energía aportada en términos anuales es predecible, tiene una muy alta probabilidad de disponibilidad en los momentos de mayor demanda del sistema, contribuyen a la estabilidad de las tensiones del sistema eléctrico y a la estabilidad dinámica del sistema, en definitiva aporta gran fiabilidad al sistema eléctrico que, en general, no aporta la generación renovable no gestionable. Por el contrario, su falta de flexibilidad operativa impide su participación en los servicios de ajuste del sistema, lo que dificulta la integración de la generación renovable no gestionable.

LA ENERGÍA NUCLEAR: LA GESTIÓN DEL COMBUSTIBLE USADO

José Emeterio Gutiérrez

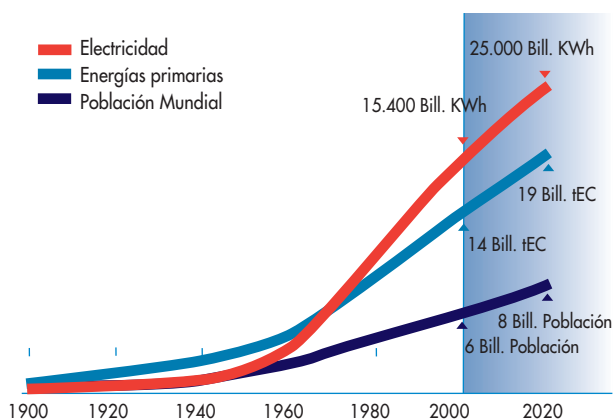
Presidente de la Sociedad Nuclear Española

La Sociedad Nuclear Española es una asociación que agrupa a los profesionales que trabajan en el sector nuclear, cuyo objetivo es la difusión y la promoción de la tecnología nuclear al tiempo que proporciona información a la sociedad con objetividad y con el máximo rigor.

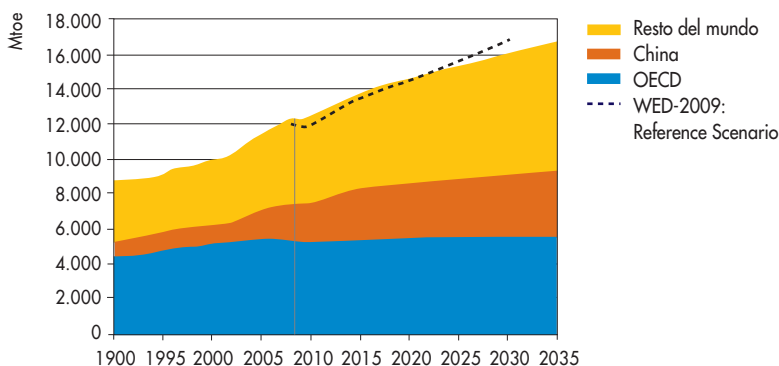
La Figura 1 muestra la transformación que la energía está viviendo en el mundo en este momento con el importante crecimiento de los países emergentes, que están intentando disfrutar de los niveles de vida de las sociedades occidentales. Este hecho significa un crecimiento importante en el consumo de energía primaria y un crecimiento importante en un vector como es el de la electricidad.

En la Figura 1, se aprecia cómo con el crecimiento de la población, pero fundamentalmente con el crecimiento del nivel de vida, crece de forma mucho más rápida el consumo de energía primaria y de manera todavía más rápida la demanda de energía eléctrica. Si además se va a una electrificación de muchos de los sistemas que tenemos, lo que ocurre es que la demanda de energía eléctrica en el mundo va a ser muy importante.

También es muy importante en los temas de energía empezar a pensar en términos globales, no en términos locales. Ya sabemos que España es una isla energética, pero es muy importante que contemplemos las decisiones internacionales que se están tomando. Puede que



World primary energy demand by region in the New Policies Scenario

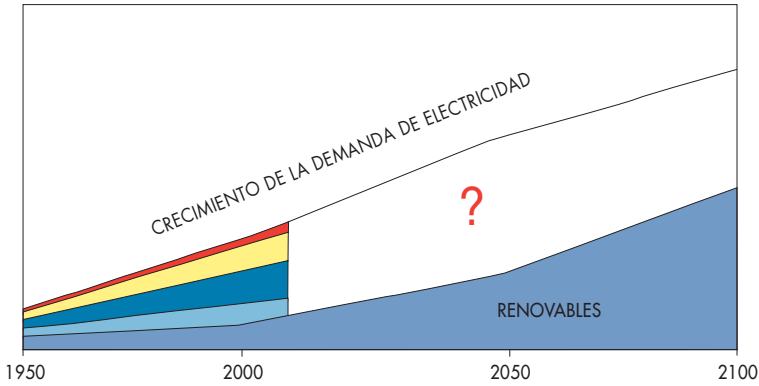


Fuente: Siemens PG y AIE/WEO 2010

Figura 1: Desarrollo vs. Demanda de energía.

estemos haciendo algo para reducir las emisiones de CO₂ en España mientras que pueden estar en China incrementándolas de forma exponencial. No debemos de perder la visión global.

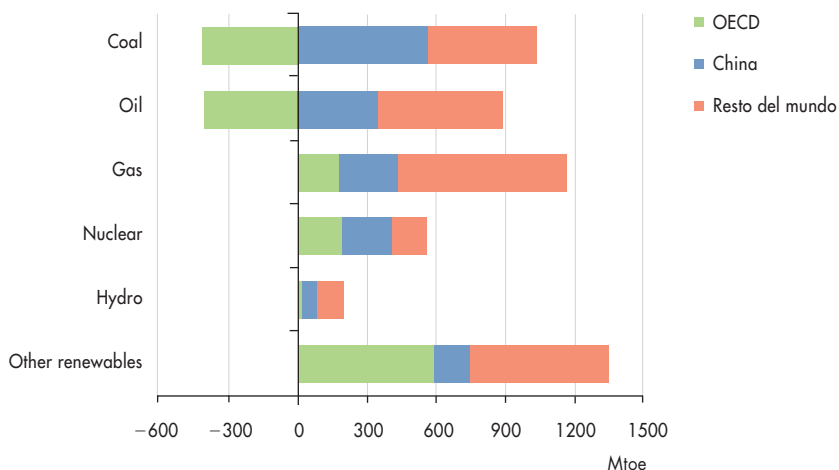
Recientemente, la Agencia Internacional de la Energía ha publicado el World Energy Outlook 2010, donde se ve que la previsión de crecimiento de la demanda de energía primaria va a ser muy importante y, de forma paralela, el crecimiento de la demanda de la energía eléctrica.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2: *Demanda de energía vs. Suministro.*

La Figura 2 es conceptual. Todos entendemos que las energías renovables van a estar ahí, se da por aceptado y por bueno. Hoy en día tenemos un mix, representado en la figura por las distintas bandas de la izquierda, bastante diversificado. Es seguro que la demanda va a crecer, ¿cómo se va a rellenar el hueco representado en la derecha de la Figura 2? Quizá la pregunta no es solamente cómo se va a rellenar ese hueco, sino cómo se tiene que rellenar ese hueco para que sea posible que las renovables estén ahí, porque a lo mejor no va a ser posible. Este debate es muy importante. La propia Agencia, en el informe que acaba de presentar, hace ya una previsión en el escenario de 2035 de cómo va a ser esto en tres zonas: la OCDE, China y el resto del mundo (véase la Figura 3). El crecimiento de China va a ser casi como el del resto del mundo, o al menos como el de casi todos los países de la OCDE juntos. El mensaje desde el punto de vista de la Agencia Internacional de la Energía es muy claro: en la OCDE va a haber una reducción del consumo de carbón, del petróleo y un muy pequeño incremento de la energía hidráulica y los tres pilares básicos del crecimiento y de la cobertura de la demanda serán las energías renovables, el gas y la energía nuclear. La Agencia lo establece muy claramente en el caso de China y en el del resto del mundo y muy claramente también en el caso de los países de



Fuente: AIE/WEO 2010.

Figura 3: *Incremento de la energía primaria en el escenario 2008-2035.*

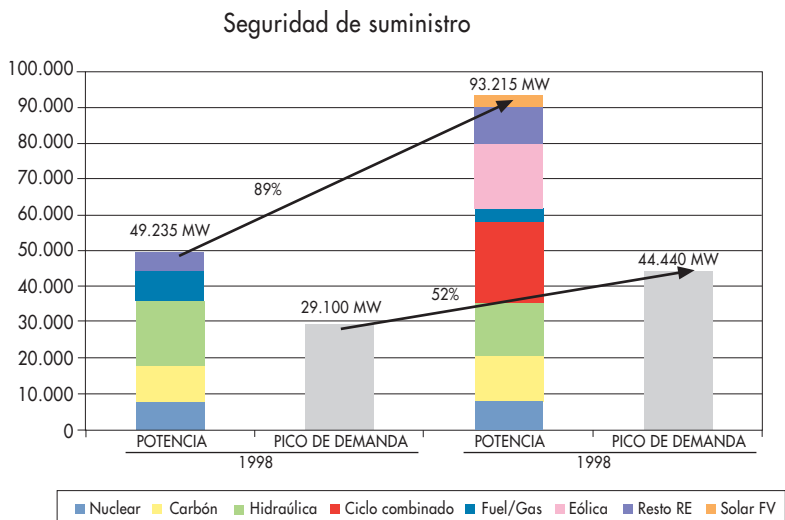
la OCDE. Está ya siendo una realidad en muchos países. La Agencia también dice que todas las energías tienen sus ventajas y sus inconvenientes y que renunciar a cualquiera de ellas es imposible.

Los objetivos que ha establecido la Unión Europea para cualquier modelo energético son: seguridad de suministro, competitividad (precios bajos de una materia prima tan importante como es la electricidad) y respeto medioambiental. Respecto de la competitividad y de ese concepto de precios bajos hay otro concepto muy importante, la estabilidad y la posibilidad de predecir cuáles van a ser los costes de generación o los precios de la electricidad para el consumidor. Para la competitividad de las empresas esa posibilidad de predicción es muy importante, nuestras empresas compiten globalmente al encontrarnos en una economía y en un mundo global. Sus materias primas: recursos humanos, energía y materias primas tienen que ser tales que permitan una cierta predicción en su comportamiento futuro. En el caso de la seguridad de suministro, dos puntos también muy importantes son: el poder tener garantía de que nos llegarán las materias primas energéticas que necesitamos (y se han tenido casos clarísimos en Europa en los que esas materias pri-

mas no han llegado) y la fiabilidad de suministro, la garantía de que vamos a tener la generación que necesitamos. El equilibrio entre los tres objetivos es fundamental. Si se incide sólo en uno de ellos, se estarán creando graves dificultades, como creo que está ocurriendo en España y creo que deberíamos de trabajar para que eso no ocurriera.

A continuación analizaremos la situación actual de España respecto a los tres objetivos citados.

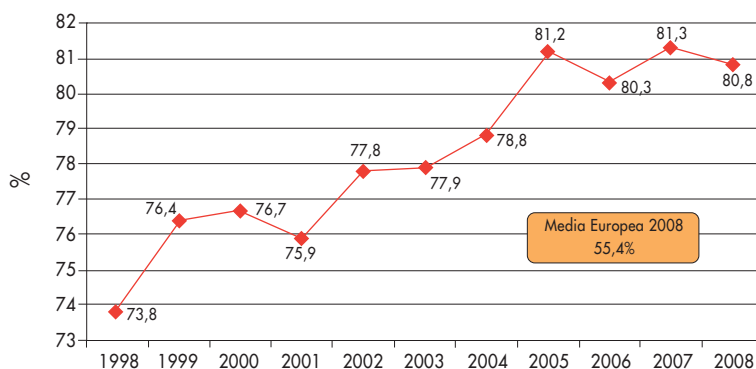
Respecto a la seguridad de suministro, la pregunta es: ¿tenemos potencia suficiente para suministrar la demanda en estos momentos? La respuesta es sí, claro. La potencia instalada ha crecido entre 1998 y 2009 un 89%, mientras que la punta de la demanda ha crecido en un 52%, como se muestra en la Figura 4, con lo cual en este momento tenemos una sobrecapacidad que es aparente, porque evidentemente si en esa sobrecapacidad retiramos muchas de las energías fósiles, tendremos un problema de suministro muy grave. En este momento podremos tener una sobrecapacidad teórica, pero no tenemos una sobrecapacidad real porque necesitamos una energía de respaldo de las energías renovables y si no la tenemos, tendríamos un grave problema. El único problema es que esto va a deteriorarse significativamente si no se toman las medidas adecuadas.



Fuente: REE.

Figura 4: Potencia instalada vs. Punta de demanda.

Desde el punto de vista de la dependencia energética estamos por encima del 80% de dependencia energética mientras que la media europea se encuentra por encima del 50%, como se muestra en la Figura 5. Esa dependencia tan alta no sería grave si tuviéramos garantía de acceso a las materias primas, cosa que no tenemos. Tenemos unas inestabilidades geopolíticas que no nos lo garantizan, con lo cual la posición española es peor que la de otros países europeos.



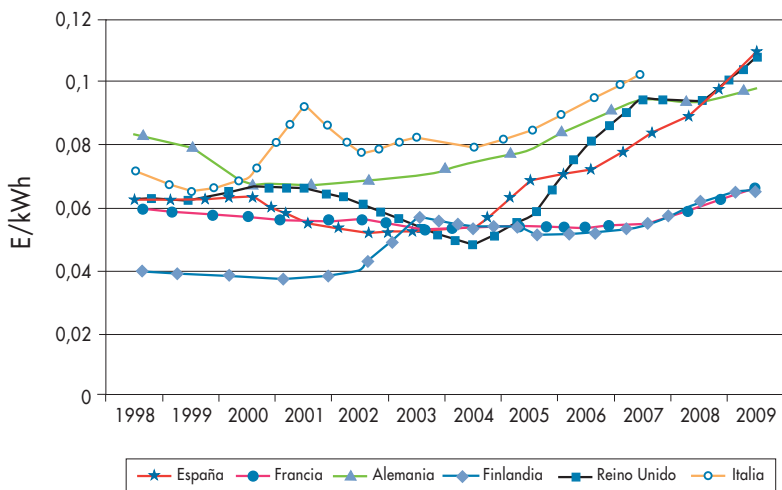
Fuente: MITYC.

Figura 5: *Dependencia energética en España.*

La Sociedad Nuclear Española no está en contra de las energías renovables, pues creemos que toda la energía que podamos extraer del sol, porque al final casi todas las energías renovables acaban siendo originadas por el sol, bienvenida sea. En cuanto a la variabilidad de la generación eólica, utilizando datos de Red Eléctrica, es importante señalar que, en el año 2009, la energía eólica aportó en un determinado momento el 54% de la generación. Sin embargo, con un mes de diferencia la energía eólica produjo solamente el 0,5%. En el máximo de demanda del verano de 2010, el 19 de julio, la energía eólica aportó el 1,4%, a las 13:26 de la tarde. Eso es una realidad, es un dato y lo que es importante es que probablemente si hubiéramos tenido el doble de molinillos, en lugar del 1,4% hubiera sido el 1,5%, no hubiera sido el 2,8% ni hubiera sido otra cifra. Esto es un dato fundamental a la hora

de diseñar un mix energético adecuado y a la hora de gestionar la red y el sistema. Considero que es un tema extraordinariamente importante.

Desde el punto de vista de la competitividad, en la Figura 6 se recogen los últimos datos publicados por Eurostat de los precios de la electricidad para usos industriales.



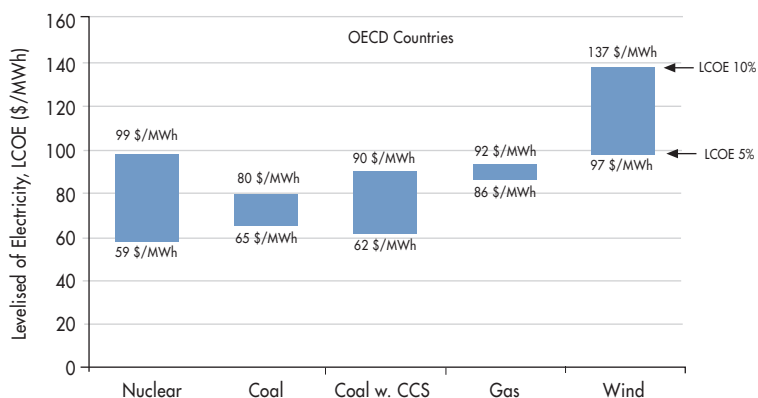
Fuente: EUROSTAT

Figura 6: Precios de la electricidad para la industria.

La curva del centro es la de España, estábamos en un valor relativamente estable y de repente nos hemos disparado, nos hemos ido hacia arriba de forma clara y la tendencia no parece que vaya a torcerse. Hay países que están en nuestra situación, pero hay otros, como es el caso del Reino Unido y Alemania, que están tomando decisiones sobre su mix energético basado en la competitividad, saben que así no pueden seguir. La Agencia de la Energía de la OCDE publicaba en el año 2009 unos datos de comparativa de costes de generación donde hay dos factores que influyen extraordinariamente que son el precio del dinero relacionado con todos los costes financieros y, por otro lado, los derechos de emisión (el coste del CO₂). ¿Qué coste le ponemos al CO₂

para comparar unas energías con otras? Como se ve en la Figura 7, la energía nuclear está entre las más baratas en la generación, junto con el gas y el carbón, lo que pasa es que si se entra en los temas de captura y secuestro de CO₂ la situación varía y evidentemente si se pone arriba del coste los costes de emisiones, la cosa empieza a complicarse.

MAIN CONCLUSIONS: MEDIAN CASE - SENSITIVITY TO COST OF FINANCING

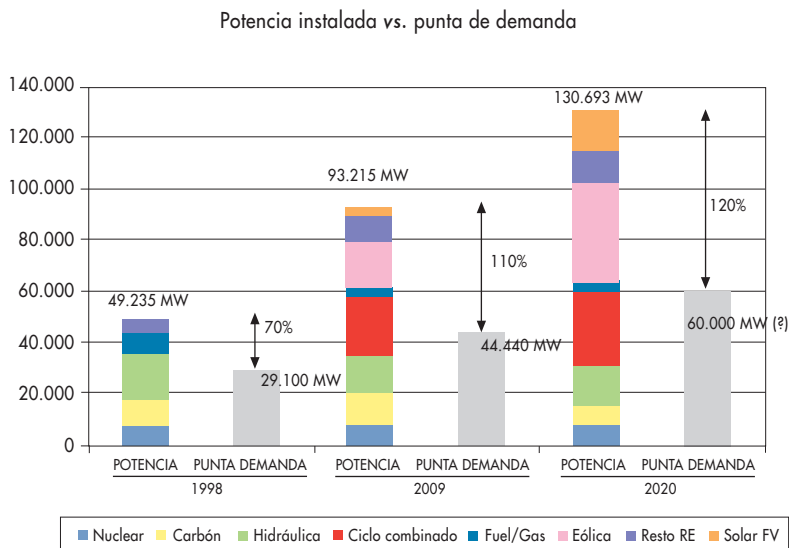


Fuente: OCDE/NEA 2009

Figura 7: Comparativa de costes de generación.

Por otro lado, en relación al acceso a los recursos, existen reservas de Uranio y la Agencia Internacional de la Energía ha publicado recientemente datos en los que se ve que el Uranio y el acceso al mismo no constituyen un problema y desde luego con las nuevas tecnologías lo va a ser mucho menos.

En la gráfica de la Figura 8 se ve la previsión de potencia instalada para el 2020. La potencia va a crecer desmesuradamente en las energías renovables, se va a ir a unos excesos de capacidad tremendos, la pregunta es ¿quién va a pagar eso? Vamos a tener instalaciones operando al 20 o al 30% de su capacidad, como ya está ocurriendo. Eso es un derroche que un país como España no se puede permitir. La tendencia del mix energético es en esa dirección y si encima decimos que vamos a parar las centrales nucleares vamos a ir a un mix tremendamente inseguro y tremendamente caro.



Fuente: REE y MITYC

Figura 8: Mix de generación eléctrica.

Desde la Sociedad Nuclear Española, decimos que se necesita una política energética que defina un mix de generación equilibrado con las tres tecnologías básicas, aumente las conexiones internacionales, las inversiones en almacenamiento y en redes inteligentes, el fomento de la eficiencia energética, la estabilidad del marco regulatorio, definir un nuevo marco de remuneración, y el aumento de las inversiones en I+D+i energética. Este último punto es muy importante. España ha sido tradicionalmente puntera en el desarrollo de tecnologías energéticas, hidráulica, carbón, energía nuclear, ciclo combinado, en las energías renovables lo estamos siendo... Impulsemos y sigamos en esa línea. Hay que mantener el conocimiento y la potencia que tiene la industria nuclear española.

La estrategia nuclear que están siguiendo todos los países, y que debería seguir España, desde nuestro punto de vista, es optimizar el uso de los activos nucleares, utilizarlos mientras sean seguros y eficientes, por lo tanto, 60 años y ya hay países que están empezando a pen-

sar en que sean 80. Deberemos empezar también a construir en España nuevos reactores, como se está haciendo ya en el mundo, además de trabajar en el tema de la reutilización del combustible y en la investigación energética.

España es el único país de los que en este momento utiliza la energía nuclear que está tomando decisiones en contra de seguir utilizándola. Hay países que ya están extendiendo la vida de los activos nucleares todo el tiempo que se pueda. Ya lo están haciendo y tomando decisiones. Hay otros países que están construyendo ya nuevas centrales y hay muchos países que lo tienen ya planificado. Insisto en que el único país que utiliza la energía nuclear hoy en día y que está tomando decisiones en contra de lo que están haciendo nuestros países socios y competidores es España. Y lo está haciendo cuando tiene una base extraordinaria y una infraestructura perfecta para construir. Hay otros países que por desgracia están ahora montando sus empresas como ENRESA, pensando ahora que tienen que tener un organismo regulador y a ver cómo fabrican el combustible. Nosotros lo tenemos y además contamos con el Consejo de Seguridad Nuclear, que no forma parte de la industria pero que es un organismo básico para el funcionamiento del sistema y que tiene una cualificación y un prestigio internacional extraordinario, como toda la industria española que está participando en la construcción de muchos de los reactores que están en marcha en muchos países.

Como conclusión, tenemos un mix que parece equilibrado, cuya tendencia es de un deterioro rápido. Es urgente una política energética y un marco estable, una visión de largo plazo y, por lo tanto, un pacto de Estado entre los dos partidos políticos que tienen posibilidad de gobernar en España. De esa forma, la política energética no estaría sometida a la inestabilidad de los cambios de gobierno, lo que da garantías a los inversores. Debemos ir hacia ese equilibrio y tener en cuenta que España está en una magnífica posición para mantener todas las tecnologías y llegar a un mix extraordinariamente equilibrado. Si no lo hacemos, habría que preguntarse por qué, y donde están las responsabilidades.

LA GESTIÓN DEL COMBUSTIBLE USADO Y RESIDUOS RADIOACTIVOS

COMBUSTIBLE USADO: ¿RESIDUO O FUENTE ENERGÉTICA?

(Soluciones tecnológicas para el combustible usado)

Javier Quiñones Díez

Jefe de la Unidad de Investigación sobre Residuos de Alta Actividad, CIEMAT

El CIEMAT

El CIEMAT es una institución que, con diferentes nombres, cuenta con más de cincuenta años de experiencia, siendo el centro nacional de referencia en estudios sobre energía, medio ambiente y las tecnologías. El Ciemat es un Organismo Público de Investigación dependiente del Ministerio de Ciencia e Innovación, en la actualidad tenemos distintas sedes, una en Madrid la histórica, la famosa plataforma solar de Almería, Soria, Barcelona y Trujillo, donde nos dedicamos, sobre todo, al estudio de todo tipo de energías: renovables, nucleares, fósiles, biocombustibles, fusión y su impacto medioambiental en las áreas de investigación básica.

El CIEMAT tiene un objetivo, que es colaborar internacionalmente en el desarrollo de la tecnología y el I+D+i y colaborar con industria nacional.

Centrándonos en la división de fisión nuclear, tenemos cuatro objetivos principales:

- El estudio de la **seguridad de las centrales nucleares** actuales y futuras, actuando en estrecha colaboración con el Consejo de Seguridad Nuclear.

- En el tema de los **residuos radioactivos** tanto de media y baja actividad como de alta actividad, en el desarrollo de los métodos de medición, minimización y de gestión en apoyo de la empresa nacional de residuos radioactivos.
- En áreas de **innovación de tecnología nuclear**, manteniendo el conocimiento en ciencia y la tecnología nuclear al máximo nivel internacional y evaluando las posibles opciones existentes en la generación de electricidad.
- Actúa como punto de contacto y referencia para la industria en múltiples foros científicos

Y todo ello con un objetivo claro:

El CIEMAT tiene como misión actuar como un agente independiente que sea capaz de determinar las ventajas y dificultades de las distintas opciones desde un punto de vista científico-tecnológico y así lo comunica y divulga tanto al Gobierno, a las instituciones públicas, a las industrias, para que estos agentes elijan y tomen las decisiones en base a estas informaciones técnicas y sus propios criterios sociales, económicos, políticos, estratégicos o de oportunidad.

Combustible usado: ¿Residuo o Fuente energética?

Teniendo esto en mente, en este capítulo vamos a ver desde el punto de vista de nuestro centro, cómo vemos nosotros el combustible usado y vamos a abordar eso en los cinco puntos siguientes:

- El combustible usado hoy: un residuo radiactivo con soluciones seguras (España, Finlandia y otros países).
- Reutilizando parcialmente el Plutonio hoy: más energía y menos residuos (Francia, Japón y otros países).
- Reactores rápidos reproductores – reutilizando de forma completa el Plutonio y el Uranio: mucha más energía y menos residuos a medio plazo.
- Energía nuclear sostenible a largo plazo: Separación y Transmutación = Mucha más energía y muchos menos residuos
- Abriendo las posibilidades para el futuro: programas de I+D y formación.

Residuos y energía nuclear-Ciencia básica

Haciendo un poco de memoria y revisando los conceptos de la ciencia básica de la energía de fisión nuclear, todos sabemos que la fisión nuclear como tal, lo mismo que la fusión, tiene grandes ventajas y algunos inconvenientes.

La primera ventaja, que es ineludible, es la gran cantidad de energía generada por unidad de masa combustible como consecuencia de la fisión nuclear.

Desde un punto de vista técnico y científico, se generan una serie de residuos, como en cualquier otro proceso industrial. El combustible nuclear irradiado está constituido por una serie de isótopos radiactivos de vida corta como son el Estroncio 90 o el Cesio 137 y otros isótopos de vida más larga (como el Plutonio, el Americio,...), de gran sonoridad ante de la opinión pública, pero que tecnológicamente están estudiados e investigados lo mismo que los otros. Pero es necesario resaltar, que existe ya una solución tecnológica segura para la gestión del combustible nuclear irradiado (es decir, almacén en piscinas, almacén temporal centralizado y por último su emplazamiento en un almacén geológico profundo).

En función de la tecnología nuclear que cada país seleccione, se producirá una mayor o menor cantidad de energía e incluso de los residuos a gestionar y por supuesto siempre todas estas ventajas van asociadas a un coste y a una garantía de suministros que es el objetivo final.

El combustible usado hoy: un residuo radiactivo peligroso con soluciones seguras (España, Finlandia y otros países)

Si nos centramos en el combustible usado, hay distintas opciones:

En primer lugar, vamos a hablar de la que existe en España. El combustible usado, como se dice, es un residuo radiactivo peligroso, pero peligroso significa que hay que manejarlo con cuidado, pero con soluciones tecnológicamente seguras.

Existe ya una solución segura para la gestión de los residuos radiactivos, no es que no haya una gestión ni que se espere venir en

veinte años, NO, la hay. España, Finlandia y otros países como Suecia están ya en una evaluación que a continuación les pasaré a describir: el almacén temporal en la piscina de las centrales nucleares, almacén temporal centralizado (en seco o en húmedo) y posterior almacén definitivo en un repositorio.

Por supuesto, los combustibles usados y procedentes de las centrales nucleares son residuos de alta actividad y, como su propio nombre indica, es un sistema complejo que necesita un desarrollo tecnológico elevado, que existe y que está en conocimiento en España.

Estos combustibles tienen una alta densidad en radioactividad, una larguísima duración de alguno de sus componentes, contienen materiales susceptibles de uso militar, por supuesto, y además tienen un problema: que desarrollan un calor suficiente como para dañarse ellos a sí mismos y al medio ambiente circundante.

En el Ciemat tenemos las herramientas tecnológicas y científicas que nos permiten medir esa radioactividad, no es que no sepamos dónde están. No. Podemos y sabemos cómo medir y con unos niveles tan bajos que nos permiten asegurar que no va a haber impacto utilizando unos blindajes para el almacenamiento y gestión de esos residuos, luego tenemos una solución.

Algunos países como Suecia han optado por un almacén temporal centralizado en húmedo (piscinas). En el caso de España, necesitaríamos una instalación de dimensiones similares dado que poseemos una potencia similar, pero en nuestro caso hemos optado por una instalación en seco (ATC, Almacén Temporal Centralizado). Para avalar la seguridad de ambas instalaciones existen gran cantidad de estudios científicos (análisis de riesgos) que demuestran su seguridad.

Residuos radiactivos de Alta Actividad: un problema muy complejo pero con soluciones

¿Cuál es la solución que está y que el CIEMAT apoya?

Nosotros tenemos, como dice nuestro Plan Nacional de Residuos Radiactivos, una solución que es el **almacenamiento temporal en piscina**, excepto Trillo y Zorita.

Pasado un cierto tiempo de enfriamiento en las piscinas, los combustibles pasan al **almacén temporal centralizado**, que es necesario

poner y que todos sabemos que es seguro desde un punto de vista científico y tecnológico. Durará unos 60 años, y al final, un **almacén geológico profundo** asegurará que la radiación que llegará a la superficie, en el peor de los casos posibles evaluado científica y tecnológicamente, siempre será muy inferior al fondo natural y, por lo tanto, no tendrá efecto en la radiación medioambiental que tendrá cualquier ser vivo, o incluso el medio ambiente, en la superficie del repositorio.

Cualquiera de los estudios realizados siempre considera la posibilidad que existan desarrollos científicos posteriores que permitan una mejor solución, y el desarrollo tecnológico, que podrá producir una minimización de ese residuo y del volumen de ese residuo.

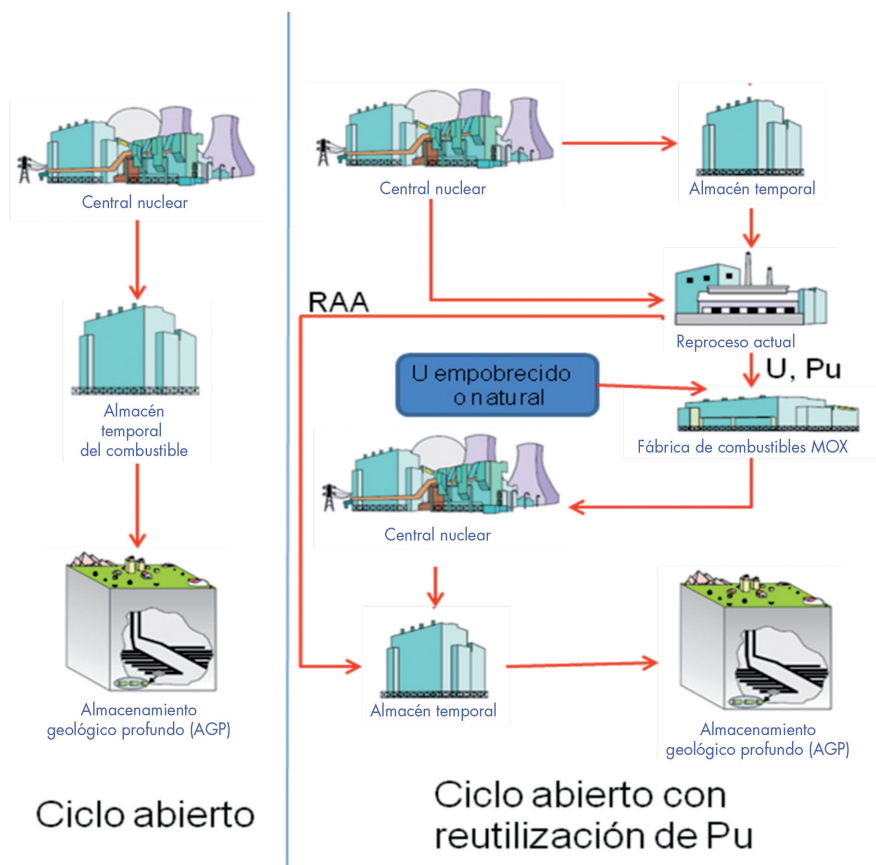
Otro tipo de países, de nuestro entorno, nuestro vecino más cercano por ejemplo, Francia, Bélgica y otros como Japón, optan por la explotación, como fuente de energía, de parte de lo que antes hemos llamado residuo, utilizándolo como combustible. Utilizan unas tecnologías disponibles en la actualidad que son el proceso PUREX y los óxidos mixtos (combustibles de óxidos mixtos). Para ello hay que tener claro lo que es el combustible, una vez lo sacamos la primera vez del reactor nuclear.

Residuos de Alta Actividad: ¿Qué hay en los combustibles usados?

El 95% es Uranio, después tenemos un 5% de fragmentos de fisión con una vida corta menor de unos 30 años y el resto, menos de un 1,5%, son los llamados por la opinión pública peligrosos, pero que por el contrario son susceptibles de ser combustibles, como el Plutonio, Neptunio, Americio y Curio.

Teniendo esto en cuenta y dado que el Plutonio es fisil, puede utilizarse como combustible en un reactor nuclear (lo mismo que el Uranio 235). En la actualidad, algunos países disponen de las instalaciones que permiten fabricar combustibles con este Plutonio y de los reactores que generan energía a partir de ellos (ver Figura 1).

Quemamos todos los isótopos de Plutonio y los utilizamos para la generación de energía.



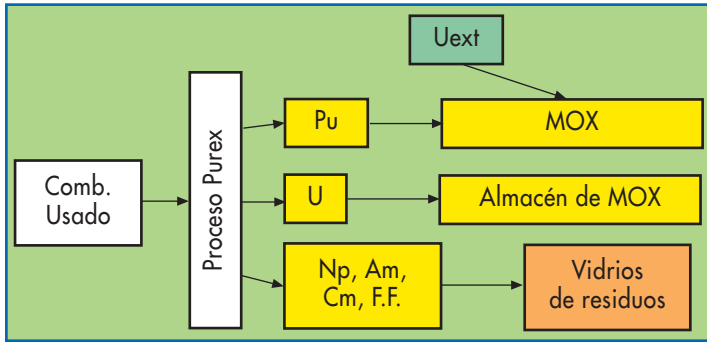
Fuente: Elaboración propia.

Figura 1: *Ciclo abierto con reutilización de Pu en reactores térmicos.*

Reprocesado PUREX

Con el proceso PUREX (ver Figura 2), que es un proceso físico químico, somos capaces de separar el Uranio y el Plutonio del resto de los fragmentos de fisión y de los Actínidos que después serán almacenados en los residuos vitrificados (en nuestro país estamos pendientes de recibir algunos procedentes de Francia que tendrán que ser almacenados en el ATC).

Estos residuos se separan y somos capaces de generar energía.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2: *El proceso PUREX.*

¿Esto es una situación novedosa? No. No es novedosa tecnológicamente: desde el año 50, hay una experiencia internacional en el manejo de estas instalaciones, con lo cual tenemos un amplio conocimiento científico de cómo se hace y cómo es posible hacerlo.

¿Que significaría esto? Pues, bueno, centrándonos en los dos sistemas más simples y de actualidad que se utilizan, tenemos para ambos casos una solución segura de los residuos radiactivos.

En el caso español, tenemos el almacenamiento en las piscinas de la central, el Almacenamiento Temporal del Centralizado y el Almacenamiento Geológico Profundo.

Si nosotros incineráramos o quemáramos el Plutonio conseguiríamos un aumento (desde el punto de vista tecnológico, pues yo sólo apporto datos tecnológicos y científicos como CIEMAT) del 30% con una reducción ligera de los residuos, un 10% en volumen. Es una tecnología existente, disponible y aprobada en otros países. Aunque la aplicación del MOX en los reactores convencionales está limitada por cuestiones de seguridad.

Reactores rápidos reproductores - reutilizando de forma completa el Plutonio y el Uranio: mucha más energía y menos residuos a medio plazo

¿Cuáles son las soluciones?

Pues estamos hablando de la siguiente etapa, que se plantea para el 2040, no como cuestión tecnológica, sino como cuestión económica. Son unos reactores que reutilizan de una manera completa el Plutonio y el Uranio.

Somos capaces de sacar más energía y somos capaces de reducir, como consecuencia de incinerar estos actínidos, el volumen de los residuos de alta actividad y su peligrosidad a medio plazo.

Es una tecnología ensayada, como está demostrado de manera internacional, y cuya rentabilidad económica se espera se produzca a partir del 2040, como consecuencia del coste económico actual de la materia prima, el Uranio.

¿Para qué se emplean estos reactores?

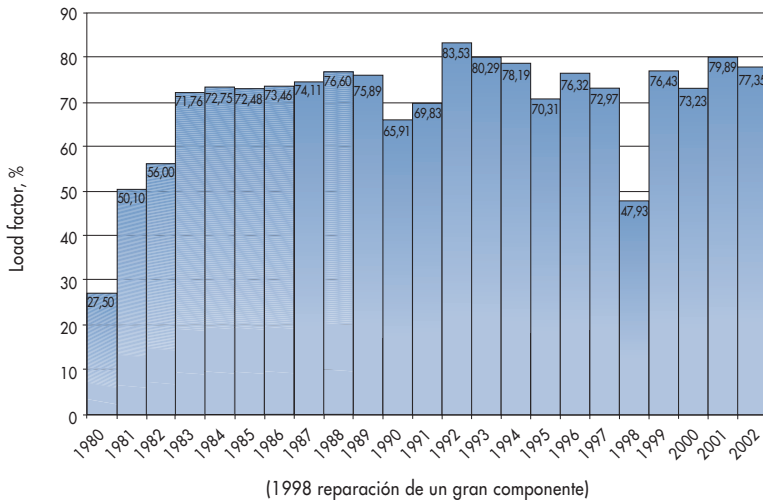
En este tipo de reactores se quemará totalmente el Plutonio y el Uranio, pero ya no sólo el Uranio 235, sino que incluiremos el 238, aumentando los rendimientos de fisión del resto de los actínidos, con lo cual produciremos mayor cantidad de energía, mejoraremos la sostenibilidad a largo plazo de este tipo de energía y reduciremos drásticamente la vida de los residuos.

¿Es algo novedoso? No: desde 1951 en EEUU hay reactores de este tipo. Se están investigando, mejorando y aumentando la calidad, la eficiencia y la seguridad de los nuevos reactores.

¿Se diseñan reactores con estas nuevas tecnologías? En Kazajistán tienen un reactor, el BN 350, que está produciendo, desde 1996, 50 Megavatios eléctricos y 45 metros cúbicos de agua desalada diariamente.

Se utiliza en Japón, en Alemania, China, que, en la actualidad, dispone de un reactor de este tipo que se encuentra operativo desde julio de 2010.

En cuanto a los factores de carga, se puede ver en la Figura 3, el factor de carga del BN-600 desde 1980 hasta el 2002. Y se aprecia que es muy elevado: cerca del 70%, una media del 70% y del Phénix (Francia) entre el 1974 y 2001 también es muy elevado. Tanto BN600 como Phenix han operado durante más de 15 años con un factor de carga superior al 60%, demostrando la viabilidad tecnológica y operativa de los reactores rápidos.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3: Factores de carga BN-600, 1980-2002.

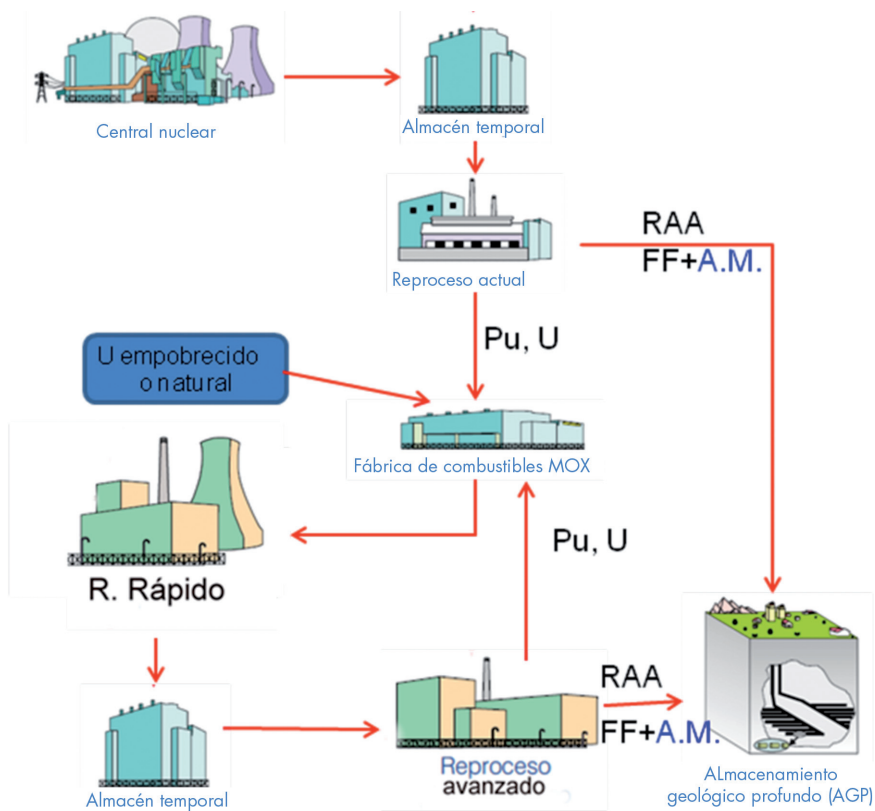
Algunos países como Francia están pensando construir un nuevo demostrador de reactor rápido, el ASTRID, antes del 2020.

¿Estos estudios se realizan de manera aislada? No: hasta que llegue el momento de su comercialización más generalizada, no antes del 2040, hay una colaboración internacional con un esfuerzo muy importante para mejorar las prestaciones y sostenibilidad de estos reactores rápidos y dar lugar a los reactores de Generación IV. Una de las consecuencias de la economía global y por suerte también dentro de la energía y la industria nuclear, lo que se refiera a explotación para la generación de energía eléctrica, existe un interés generalizado en la participación y el desarrollo de instalaciones seguras, reactores de cuarta generación, y que permitan una mejor producción de energía eléctrica.

Reactores rápidos y Multirreciclado de Pu+U

Esta colaboración plantea tres opciones tecnológicas de reactores rápidos: reactores refrigerados por gas, plomo y sodio, siendo esta última la más desarrollada.

¿Esto qué significaría, dentro del esquema (Figura 4)? Pues introduciríamos un reproceso del Uranio y del Plutonio y su quemado en un reactor rápido (respecto de los reactores convencionales).



Generación de Pu desde el U238 - Multirreciclado de Pu y U

Fuente: Elaboración propia.

Figura 4: Reactores rápidos y Multirreciclado de Pu+U.

Al introducir los reactores rápidos en el ciclo de combustible, es posible reciclar el Uranio y el Plutonio de forma continua, por lo que se consigue aprovechar toda su energía, en particular toda la del U238. Esto consigue que la energía generada por kilo de Uranio extraído de la mina se multiplique por un factor entre 30 y 50.

Por otra parte, al consumirse en los reactores, sólo las pérdidas de Plutonio y Uranio acaban en los almacenes de residuos, lo que reduce drásticamente los residuos. Lo que disminuiría la radiotoxicidad de estos residuos, al menos en un factor de 10.

¿La tecnología es novedosa?

Sí, es una tecnología novedosa que exige un tiempo para su implementación a escala industrial (la mayoría de los condicionantes relacionados con temas de viabilidad económica). Es de esperar que para el 2040 se empiecen a operar este tipo de tecnologías a escala industrial.

Con los precios actuales, los reactores rápidos no son competitivos con los reactores actuales, pero probablemente lo serán en el futuro y actualmente pueden ser competitivos con otras fuentes de energía.

Reactores rápidos y Multirreciclado de Pu+U+Actínidos Minoritarios

Si además de reciclar de forma continua Uranio y Plutonio, también se reciclan los actínidos minoritarios, se consigue reducir la cantidad de residuos de vida larga en un factor 100, quedando sólo el 1% en radiotoxicidad. Pasaremos de un factor de 10 a un factor de 100. La ganancia energética es ligeramente superior pero la dificultad tecnológica es muy superior.

En este tipo de reactores, la cantidad, por ejemplo, de Americio (que está limitado) estaría limitada en los reactores de sodio a un 5%.

Energía nuclear sostenible a largo plazo: Separación y Transmutación = Mucha más energía y muchos menos residuos

El siguiente paso que nos planteamos desde los centros de investigación como el CIEMAT es:

¿Y a más largo plazo qué se puede hacer? Pues, en la actualidad, los proyectos de investigación se dirigen hacia la minimización de los residuos a gestionar y hacia la selectividad de los procesos de separación de los radionucleidos.

Entonces debería conseguirse, para el 2040, que existan unas plantas donde se pueda demostrar un nuevo tipo de procesos, que es la Separación y Transmutación.

Tenemos que desarrollar, a partir del PUREX, unos procesos de separación más selectiva para incinerar en unos nuevos tipos de reactores, que permitan meter unos nuevos tipos de combustibles y obtener rendimientos elevados.

ADS: transmutadores especializados

Estos tipos nuevos de reactores son subcríticos, que quiere decir que si por cualquier causa se interrumpe la fuente generadora de la reacción de fisión nuclear se produce la parada del reactor y, por tanto, la reacción nuclear que se induce en el reactor (es decir, se para el quemado del combustible).

Éstos son los ADS que permiten una mayor flexibilidad y nos permiten incinerar Plutonio, Actínidos Minoritarios, con un contenido prácticamente nulo de Uranio.

No generarían nunca isótopos susceptibles de aplicación militar, con lo cual son seguros.

Es un desarrollo tecnológico novedoso, pero con referentes tecnológicos cercanos, que se desarrolla de manera coordinada. España viene participando y liderando (CIEMAT, industrias que colaboran con nosotros que han sido presentadas antes, universidades) en el Sexto y Séptimo Programa Marco.

Como consecuencias de estos proyectos, Bélgica ha optado por el desarrollo del Proyecto MYRRHA que ha sido diseñado entre el Sexto

y Séptimo Programa Marco de manera común y forma parte de la Iniciativa Industrial Europea Nuclear, ESNII, que se verá con posterioridad, lanzada el 15 de noviembre de 2010.

Conceptos de reprocesado avanzados

¿Qué problema hay? Pues sabemos cómo incinerarlo pero tenemos que saber cómo separar aquellos elementos que son susceptibles de ser quemados y con posterioridad volver a reciclar.

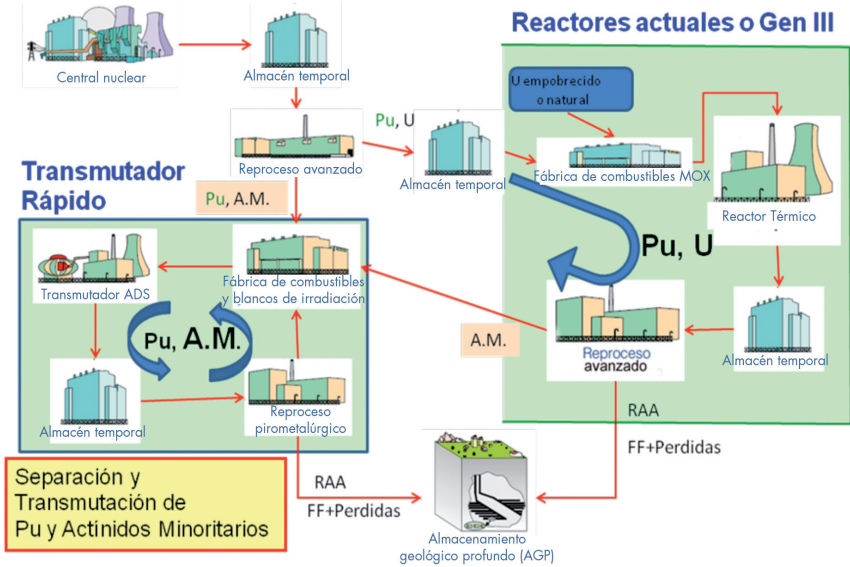
Para eso se desarrollan y se están desarrollando desde el Quinto, Sexto y Séptimo Programa Marco de I+D en la UE (EURATOM), una serie de proyectos en los cuales el CIEMAT lidera varias tareas como son el PUREX, el DIAMEX y el SANEX. De esta manera, somos capaces de separar lo que nos interesa incinerar y lo que nos interesa gestionar de manera separada que supondrá una reducción en el volumen.

¿Las nuevas tecnologías están ya disponibles? El CEA las está intentando implantar en Atalante.

Ciclo para minimizar los residuos radiactivos con Separación y Transmutación de todos los actínidos, caso de mínima introducción de nueva tecnología nuclear

¿Qué ocurrirá? Si tomamos como ejemplo un sistema como el de nuestro país en el que no hay reactores rápidos, como muestra la Figura 5, el combustible sería irradiado en la central nuclear, un posterior estadio en un almacén temporal hasta que se pueda manipular de manera segura; a continuación el elemento combustible irradiado es reprocesado y con el Uranio y el Plutonio obtenido se fabrican un nuevo combustible MOX.

Este nuevo elemento combustible se vuelve a quemar en un reactor transmutador donde es posible producir energía incinerando el Plutonio y el resto de actínidos presentes produciendo una minimización de los residuos.



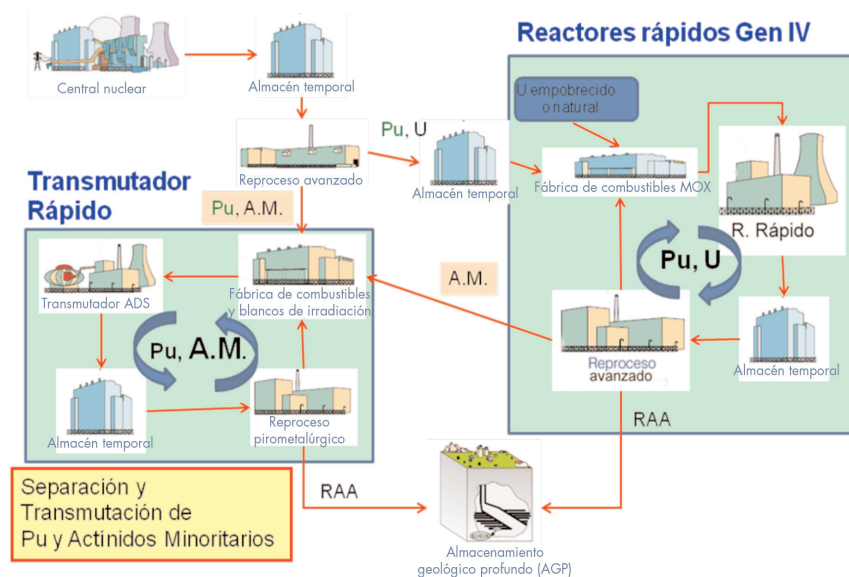
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5: *Ciclo para minimizar los residuos radiactivos con Separación y Transmutación de todos los actínidos.*

Ciclo sostenible con optimización de recursos y rentabilidad en cada momento y Separación y Transmutación de todos los actínidos

Si un país considera la utilización de reactores rápidos de cuarta generación en su ciclo de combustible, produciría un incremento sustancial en la generación de energía por elemento combustible con una minimización todavía más elevada del volumen de residuos generados.

Prácticamente sería lo mismo, sólo que tendríamos un reproceso del Uranio y Plutonio en los reactores rápidos, como muestra el esquema de la Figura 6.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6: *Ciclo sostenible con optimización de recursos y rentabilidad en cada momento y Separación y Transmutación de todos los actínidos.*

Efectos de la Separación y Transmutación de Uranio, Plutonio y Act. Minor.: Con reactores rápidos o con sistemas subcríticos ADS: Inventario y Radiotoxicidad

¿Qué ocurrirá con esto? En el mejor de los casos posibles, se podría conseguir una reducción a un centésimo de la radiotoxicidad, de nuestro volumen inicial de residuos.

Se alcanzaría el mismo nivel de radiotoxicidad que el de los minerales de Uranio iniciales, en sólo unas centenas de años en lugar de los cientos de miles de años necesarios si no se considerara esta opción. Estamos hablando a tiempo de 100 años y lo comparamos con un mineral de Uranio que existe en la corteza terrestre. La radioactividad no es algo que nosotros hayamos inventado sino que estaba allí.

¿Cómo? La gestión puede ser incluso más ambiciosa y conseguir no sólo reducir la cantidad, radiotoxicidad y/o el volumen, como hemos hablado, sino reducir el volumen final del AGP que se necesitaría.

Incluso, según los estudios desarrollados en el CIEMAT, en función del tipo de gestión, de la separación y de cómo acondicionemos cada uno de los isótopos, podríamos alcanzar una reducción desde un factor 10 a un 40% de reducción en el volumen total del AGP.

Cooperación entre varios países con distintas políticas para la energía nuclear

Son soluciones separadas, regionales, pero que van en dirección de una solución global, que en los países de la NEA de la OCDE, OIEA estamos o están trabajando de manera conjunta, en proyectos como PATEROS, con el objetivo de definir ciclos avanzados que mejoren la eficiencia, generación de energía y reducción de residuos.

Abriendo las posibilidades para el futuro: programas de I+D y formación

Por último, y no menos importante: la I+D+i. Desde el punto de vista del CIEMAT, pensamos que como país tenemos que tener un programa de I+D ambicioso que sea capaz de ser lo suficientemente global como para permitirnos dotarnos de una herramienta a futuro que nos permita aumentar la rentabilidad de nuestros reactores, aumentar la seguridad y la eficiencia y minimizar el impacto hacia el medio ambiente.

Esto no es sólo posible con la existencia de instalaciones, sino que necesitamos profesionales, por eso el CIEMAT tiene un máster que se dedica a la formación de profesionales en este área.

Venimos liderando y participando en proyectos desde el Cuarto Programa Marco, no sólo en CIEMAT sino en toda la industria española. Tenemos una competencia demostrada en Europa y en el mundo y somos capaces de competir con el resto desde el punto de vista de I+D.

Estamos en evolución y sabemos liderar proyectos.

A propuesta de la Comisión Europea en el SET (Strategic Energy Technologies) plan, se constituyó hace 3 años la Plataforma Tecnológica para una Energía Nuclear Sostenible (SNETP), que reúne a la gran mayoría de los centros de investigación, industrias nucleares y compañías eléctricas europeas y algunas universidades y ONGs, y cuenta con una amplia participación española.

La idea de esta plataforma diseñada por la Unión Europea está basada en tres pilares, en el desarrollo de unos reactores actuales más competitivos, seguidos por los reactores rápidos y acompañados por otros tipos de energía, conseguir la sostenibilidad de la energía nuclear.

Con este objetivo se ha lanzado el 15 de noviembre de 2010 [una iniciativa industrial europea (EII)] una oferta de I+D+i.

Estamos hablando de 11.000 millones de euros con el objetivo de desarrollar e implementar cuatro demostradores de tipos de reactores e instalaciones. Es una oportunidad que España no se puede permitir desaprovechar.

CONCLUSIONES

- Los combustibles nucleares usados son un material peligroso pero sus cantidades y su volumen son pequeños y pueden ser almacenados y gestionados de forma segura: primero en el ATC y después en el AGP.
- El combustible nuclear está formado fundamentalmente por Uranio y contiene Plutonio que, separados en plantas comerciales como La Hague en Francia y vueltos a combinar, pueden ser utilizados como nuevos combustibles.
- La reutilización del Plutonio se realiza actualmente en los reactores de agua ligera, por ejemplo en Francia, y permite conseguir más energía y algo menos residuos del combustible original. Aproximadamente 30% más de energía.
- Los reactores rápidos reproductores, de los que existen prototipos funcionando de forma segura durante más de 20 años, permiten producir tanto o más nuevo combustible (Pu) del que consumen. De esta forma, es posible utilizar el Uranio empobrecido y el de los combustibles usados obteniendo en total 30-50 veces más energía y unas 10 veces menos residuos, que en el ciclo abierto actual.

- En el combustible nuclear además del Plutonio hay otros «actínidos» que son isótopos parecidos de vida muy larga y, tras eliminar el Plutonio, son responsables de la radiotoxicidad, fuente de calor y necesidades de espacio en el AGP. La Separación y Transmutación, que extienden las técnicas de reciclado para incluir a estos Actínidos minoritarios, permitirá implementar un ciclo cerrado más ecológico y totalmente sostenible a largo plazo, utilizando sistemas nucleares rápidos (críticos y subcríticos).
- El ciclo cerrado con Separación y Transmutación permitirá multiplicar por 30-50 la energía extraída del Uranio, a la vez que se reducen los residuos de alta actividad en un factor 100, y se mejora la capacidad de los almacenamientos en un factor entre 5 y 40.
- La tendencia a la globalización de la Energía Nuclear está incentivando la investigación en estos ciclos cerrados avanzados y en Separación y Transmutación. En particular destacan los programas de I+D de Japón, Rusia, Corea, EEUU y muy significativamente la UE, a través de EURATOM y la SNETP.
- La SNETP propone un ciclo nuclear sistema sostenible con distintos tipos de sistemas nucleares a lo largo del tiempo que optimice el aprovechamiento de los recursos y minimice los residuos de alta actividad. Para implementar este sistema ha lanzado un ambicioso programa de I+D, que intenta ser útil para todos los países de la UE independientemente de su política respecto al futuro de la energía nuclear.

LA SEGURIDAD EN LA GESTIÓN DEL COMBUSTIBLE GASTADO Y LOS RESIDUOS DE ALTA ACTIVIDAD

Rafael Cid Campo

Subdirector General de Tecnología Nuclear, Consejo de Seguridad Nuclear

Representando al Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), voy a tratar de la seguridad de las instalaciones nucleares que gestionan el combustible gastado y los residuos radiactivos de alta actividad. Hoy en día dichas instalaciones están en las Centrales Nucleares y, por tanto, desde el CSN tenemos que garantizar su correcto funcionamiento. Se tratarán los aspectos de seguridad nuclear de las instalaciones actuales y de las que están en proyecto.

Por otro lado, se dará una idea del papel que desempeña el Consejo en la seguridad de la gestión del combustible gastado. El Consejo garantiza que se cumplan las normas de seguridad nuclear, pero el responsable inicial sobre su correcto funcionamiento son los titulares de las instalaciones nucleares. Me propongo, por tanto, exponer en este capítulo las funciones y responsabilidades del Consejo de Seguridad Nuclear.

Además se tratará lo que es el ciclo del combustible nuclear, para tener una imagen de donde estamos en estos momentos y luego analizar dos aspectos claves que realiza el Consejo de Seguridad Nuclear:

- El Análisis de seguridad de las instalaciones, que es necesario para dar las autorizaciones (como veremos).
- y la Supervisión y Control que realiza de forma continua sobre dichas instalaciones.

En el Análisis de la seguridad hay un primer factor, la Regulación. Decimos que las centrales o que las instalaciones de gestión de residuos son seguras. Para decir esto, tenemos que tener unos niveles de referencia, es necesario compararlas con las exigencias que establece la normativa técnica de Seguridad Nuclear.

La Normativa es la que define de alguna manera el nivel de seguridad que consideramos aceptable en una instalación. La Evaluación que realiza el Consejo, es verificar que una instalación cumple con las condiciones que se establecen en dicha normativa, ya sea en la etapa de diseño, fabricación, pruebas de puesta en marcha, y de operación.

Por otro lado, dar una pincelada sobre la supervisión y control que llevamos sobre las instalaciones existentes, porque el combustible nuclear y los residuos de alta actividad están aquí, ahora en las Centrales Nucleares.

Otro importante punto a tratar son las verificaciones internacionales, es decir, la información que a través de acuerdos internacionales tenemos que proporcionar a otros países para verificar la seguridad de nuestras instalaciones nucleares.

1. *El Consejo de Seguridad Nuclear (Ley 15/80)*

Brevemente decir que el Consejo de Seguridad Nuclear es un organismo ya de 30 años de existencia, que es el único organismo competente en materia de seguridad nuclear y protección radiológica.

Es importante destacar que es independiente de la Administración General del Estado, es decir, pertenece a la Administración del Estado pero no pertenecemos como un organismo autónomo a un ministerio, dependemos del Parlamento. Tenemos una independencia total y financiera con respecto a la Administración General del Estado.

Por tanto, no somos un organismo ejecutivo, en cuanto a dar autorizaciones a las Instalaciones Nucleares, pero sí nuestros informes sobre seguridad nuclear y protección radiológica son preceptivos a la hora de dar dichas autorizaciones por el Ministerio de Industria.

Nuestra misión, y eso debe quedar claro, es proteger a los trabajadores, la población y el medio ambiente de los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes, consiguiendo que estas instalaciones sean construidas y operadas de forma segura.

1.1. *Papel del Consejo de Seguridad Nuclear respecto a la gestión de residuos radiactivos*

Y entrando un poco más en detalle ¿qué papel juega el Consejo de Seguridad Nuclear en la gestión de residuos radiactivos?

Su misión es en primer lugar informar sobre el Plan General de Residuos Radiactivos.

El Plan General de Residuos Radiactivos establece la estrategia del país en esta materia y recientemente se ha modificado la Ley de Energía Nuclear para darnos la potestad de informar al Ministerio de Industria sobre los aspectos de seguridad nuclear y protección radiológica antes de su aprobación.

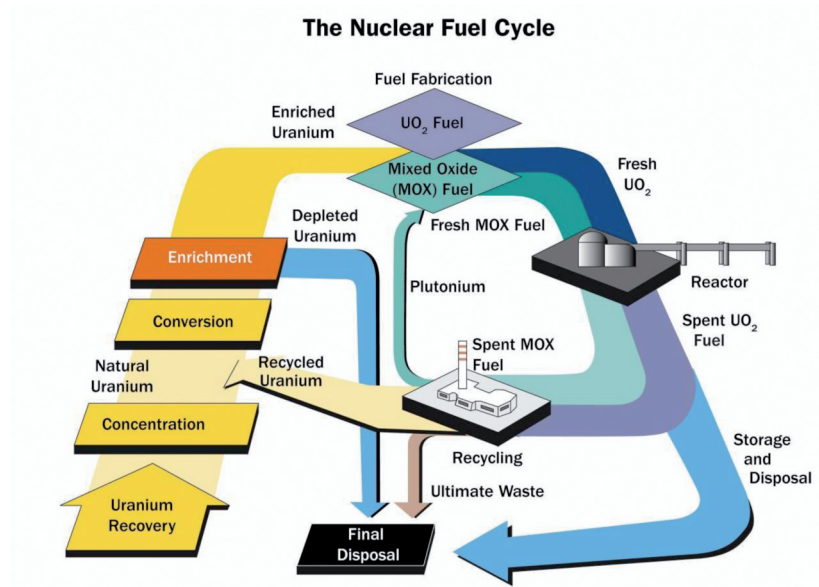
Los tres aspectos claves que he señalado antes es proponer reglamentación y emitir normas técnicas de seguridad nuclear y protección radiológica, es decir, establecer las reglas del juego en materia de seguridad y protección radiológica, informar sobre la seguridad de las instalaciones al Ministerio para dar sus autorizaciones y llevar a cabo la inspección y la supervisión y control de todas las instalaciones de gestión de residuos radioactivos..

Por otro lado, proponemos sanciones al Ministerio de Industria cuando no se cumplen las normas en esta materia y participamos en proyectos de I+D (no hacemos I+D), definimos y subvencionamos proyectos junto con otros Organismos e instituciones como el CIEMAT, universidades y centros de investigación internacionales.

2. *El ciclo del combustible nuclear*

En la Figura 1, se muestra a gran escala lo que es el ciclo del combustible nuclear.

El ciclo empieza con la minería del Uranio, el concentrado, el enriquecimiento del Uranio, la fabricación del Uranio, la fabricación de lo que es el combustible nuclear (existe una fabrica en España, Juzbado) y a partir de aquí va a las centrales. Las centrales usan ese combustible nuclear y una vez que lo usan, queda almacenado primeramente en las piscinas de las Centrales Nucleares, con dos posibilidades: una es el



Fuente: US Nuclear Regulatory Commission.

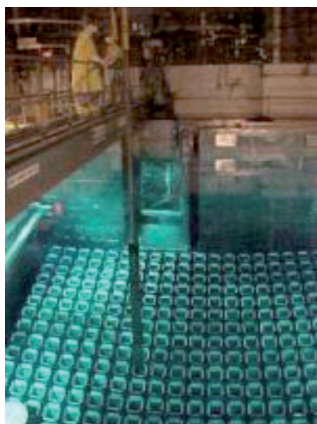
Figura 1: El ciclo del combustible nuclear.

Reprocesamiento para la fabricación de nuevo combustible y otra es considerarlo como residuo que, directamente tras una etapa de enfriamiento y almacenamiento, iría en último extremo, en terminología anglosajona, al «Disposal».

«Disposal» es el Almacenamiento Geológico Profundo. Ésa es la solución a los residuos finales, mientras tanto ahora mismo estamos en almacenamiento temporal, sea en las piscinas, sea en el Almacén Temporal Individualizado de las propias centrales nucleares (ATI), o sea, en el Almacenamiento Temporal Centralizado (ATC).

Hasta que no llegemos al Almacenamiento Geológico Profundo (AGP), la solución de los residuos no se ha completado.

En la Figura 2 podemos observar lo que hay en las piscinas de las centrales nucleares.



Fuente: ENRESA.

Figura 2: Piscina de almacenamiento temporal del combustible usado.

Ahí está el combustible gastado. La mayoría de las piscinas están bastante llenas. Algunas de las centrales han saturado ya la capacidad máxima y se han visto obligadas de alguna manera a introducir el combustible en contenedores en seco (ver Figura 3) almacenados en un ATI.



Fuente: ENSA.

Figura 3: Contenedores en seco para almacenamiento temporal del combustible usado.

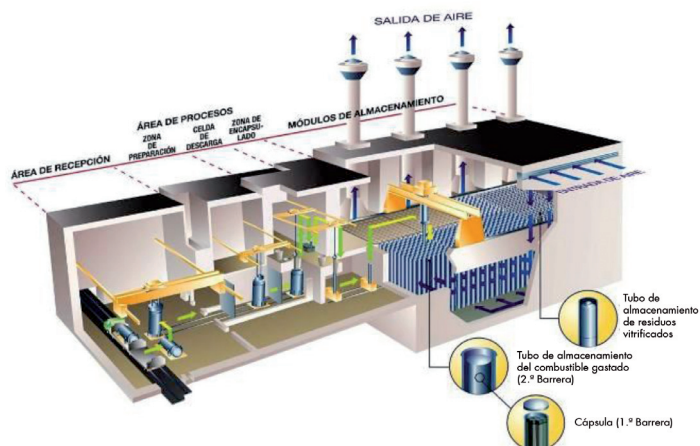
El almacenamiento en seco, como podemos ver en la Figura 4 (almacén de Trillo) se realiza en estos contenedores y no necesita sistema de refrigeración forzada como en las piscinas. Es completamente en seco y refrigeración natural.



Fuente: ENRESA.

Figura 4: ATI, almacenamiento temporal individualizado de Trillo.

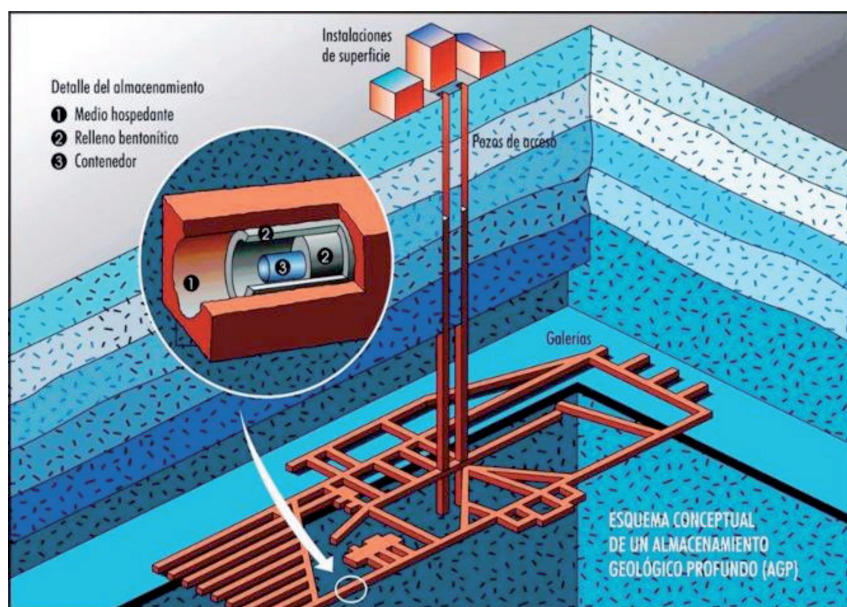
Por último, podemos ver en la Figura 5 el proyecto de un Almacenamiento Temporal Centralizado, el ATC, que sería una situación provisional.



Fuente: ENRESA.

Figura 5: ATC, almacenamiento temporal centralizado del combustible usado.

Lo que si resolvería en el futuro y llevaría a una situación final es el Almacenamiento Geológico Profundo. Consiste en llevar los residuos a unas profundidades de unos 600 metros en unas disposiciones geológicas que tienen una estabilidad de millones de años. Los residuos podrían estar allí indefinidamente con toda seguridad, como se ve en el esquema que muestra la Figura 6.



Fuente: ENRESA

Figura 6: *Diseño conceptual de un almacenamiento definitivo de residuos de alta actividad.*

Ésa es hoy día la solución final de la gestión de los residuos radiactivos de alta actividad.

3. *Análisis de seguridad*

Lo que el Consejo de Seguridad hace en primer lugar es el análisis de seguridad de las instalaciones, que tiene como objetivo evitar la

ocurrencia de cualquier tipo de accidente con consecuencias radiológicas en nuestras instalaciones de gestión de residuos o instalaciones nucleares en general. Aun así, por muy baja probabilidad que tengan estos accidentes, se han de considerar mediante una metodología sistemática, todos los sucesos que pudieran ocurrir, aunque sean altamente improbables.

Pues bien, aun ocurriendo este tipo de sucesos, las consecuencias radiológicas deben estar dentro de unos límites aceptables.

Es decir, asumiendo estos sucesos, por muy improbables, las consecuencias radiológicas sobre los trabajadores y sobre el público en general tiene que tener unos límites que debemos analizar.

3.1. *Normativa*

Como he dicho anteriormente, para definir qué es la seguridad, tenemos que definir las reglas del juego, es decir, la normativa técnica que regula la seguridad nuclear de las instalaciones.

Al igual que en el código de la circulación se dice que es seguro si vas a una determinada velocidad y cumples una serie de normas, en materia de seguridad nuclear tienes que definir las normas claramente para decir que esa instalación es segura.

Nuestra normativa la podemos dividir en tres grupos:

- Una Normativa Legal que es de **obligado cumplimiento**, que va desde la ley sobre Energía Nuclear que tiene mandatos de muy alto nivel.
- El **Reglamento de Instalaciones Nucleares y Radioactivas**, que ya desarrolla mucho más los aspectos de seguridad que tienen que cumplir las instalaciones (sobre todo en el sentido administrativo), el grado de autorizaciones que se tienen que dar para garantizar que son operadas de forma segura.
- Y luego hay un tercer nivel, que son las **Instrucciones** del Consejo de Seguridad Nuclear, que ya entra en detalles más técnicos de lo que se ha de analizar en cada una de las instalaciones.

Por debajo de esta normativa legal está la normativa técnica industrial que desarrolla con mucho más detalle los requisitos de dise-

ño, construcción y operación, en el sentido de que especifica mucho más cómo se han de analizar cada una de las materias.

Es un campo de todas las ingenieras (no es sólo el combustible nuclear) es decir, es la instalación, estamos hablando de requisitos de hormigón, de materiales, de diseño sistemas mecánicos, eléctricos, de instrumentación y control, etc.

Para ello, el Consejo de Seguridad Nuclear dispone de 200 técnicos y en la parte de seguridad nuclear en lo referente a instalaciones nucleares, hay más de cien personas con especialistas en las distintas materias.

Al final, entramos en los **Códigos, Normas y Stándares** que se usan en la industria nuclear y que son en su mayor parte de origen internacional. En nuestro país, estamos muy acostumbrados a utilizar la normativa técnica americana, porque nuestra tecnología en centrales nucleares, en gran parte, ha venido de EEUU. Como son las normas IEEE para temas eléctricos e instrumentación, ANSI en temas de sistemas mecánicos, el códigos ASME en la fabricación de componentes mecánicos, requisitos de materiales, soldadura, etc. Es decir, al final, estamos hablando de requisitos de ingeniería, a la hora de definir seguridad nuclear.

Lo que requiere la **Ley de Energía Nuclear** es: «se deberán adoptar las medidas apropiadas para la gestión del combustible gastado y los residuos radiactivo para proteger a las personas, cosas y medio ambiente, tanto en el presente como en el futuro».

Es un mandato de alto nivel, en la práctica se desarrolla hoy en día a través del **Reglamento de Instalaciones Nucleares y Radioactivas** en las autorizaciones del Ministerio de Industria para las modificaciones en las instalaciones de centrales nucleares. De esta forma, el Consejo de Seguridad Nuclear ha informado sobre las modificaciones de diseño necesarias para el «re-racking», que consiste en reagrupar el combustible gastado en las piscinas, porque el diseño original no permitía una gran capacidad, ya que en un principio se pensaba que ese combustible iba a ser reprocesado. Lo que se ha hecho es optimizar las piscinas existentes para almacenar el máximo posible de combustible gastado en dichas piscinas. Esto requiere la revisión del nuevo diseño y dictamen del Consejo de Seguridad Nuclear.

¿Qué autorizaciones se requerirían para una nueva instalación como sería el ATC? Pues requeriría la revisión del Consejo de Seguridad Nuclear y su dictamen desde la autorización de emplazamiento,

construcción y puesta en marcha y explotación, así como las modificaciones de la instalación hasta su desmantelamiento y clausura.

Igualmente, los contenedores de elemento combustible gastado que existen hoy en día en las centrales nucleares, en los Almacenes Temporales Individualizados en seco, tienen un proceso de revisión de diseño por el Consejo de Seguridad Nuclear al igual que los bultos de transporte para su autorización por el Ministerio de Industria. Incluso cuando se realiza un movimiento de combustible gastado por proyectos de I+D, se requiere el dictamen preceptivo del Consejo de Seguridad Nuclear, para ese transporte.

En cuanto a Normativa están las Instrucciones de Seguridad del Consejo.

Hay dos instrucciones claramente ligadas a la gestión de residuos radiactivos de alta actividad, una es la IS-20 que establece los requisitos de seguridad nuclear de los contenedores de combustible gastado, para el almacenamiento en seco (Figura 3). La otra Instrucción es la IS-29 que establece los requisitos de seguridad nuclear de las instalaciones de almacenamiento temporal de combustible gastado y residuos radiactivos de alta actividad, que se aplicaría tanto a las piscinas de las centrales nucleares como a las instalaciones de almacenamiento en seco. Señalo «temporal», esto no es un almacenamiento definitivo, aunque sean instalaciones diseñadas para 60 años.

Entrando un poco en el detalle de lo que es objeto de nuestra revisión y en lo que a la IS-29 se refiere, lo que tenemos que asegurar en todo momento es que las funciones de seguridad de la instalación de almacenamiento de material radiactivo de alta actividad estén garantizadas.

¿Qué funciones de seguridad se tienen que cumplir ante cualquier evento?

- *En primer lugar, es la **subcriticidad**. Es evitar cualquier posibilidad de que el material almacenado se vuelva crítico, es decir, se produzca una reacción en cadena.*
- *El **confinamiento**, es decir, asegurar que el material radiactivo no va a salir al medio ambiente.*
- ***Evacuar el calor residual**. El material radiactivo produce calor y ese calor hay que evacuarlo de una manera segura por-*

que si no, de alguna manera pondría en conflicto el confinamiento, es decir, podría romper las barreras de confinamiento.

- *El **blindaje** es necesario para el público en general y para que los trabajadores puedan operar con esos residuos.*
- *Su capacidad de **recuperación**. Es decir, en todo momento ese material tiene que ser recuperable porque hay una gestión después de este almacenamiento, tanto en las piscinas como el almacenamiento en los ATI o en el ATC.*

3.2. *Actuaciones del CSN respecto a la gestión del combustible gastado (CG) y los residuos radiactivos de alta actividad (RRAA)*

El Consejo ha estado revisando las modificaciones de diseño de «re-racking» o cambio de bastidores de las piscinas, porque las piscinas se han ido agotando en cuanto a su dimensionamiento inicial y ha habido que aumentar su capacidad.

Ha revisado las modificaciones de diseño relativas a los ATI de las centrales nucleares de Trillo y Zorita. En la central de Trillo, una vez saturada la piscina de combustible gastado, se ha optado por un almacenamiento en seco en el propio emplazamiento y esto se ha evaluado por el Consejo de Seguridad Nuclear como una modificación de diseño de la propia Central Nuclear.

Ahora mismo estamos evaluando el proyecto de ATI de Ascó. Ascó está a punto de saturar sus piscinas y sería necesario un ATI para mantener de forma segura todo ese combustible que no cabría en las piscinas de combustible gastado.

Por otro lado, hemos evaluado dos tipos de contenedores con tecnología distinta. Una tecnología que es la DPT utilizada en la central de Trillo y otra HI STORM que se ha utilizado en Zorita y se va a utilizar también en Ascó, ambas de tecnología americana.

Y, por último, hemos evaluado también el diseño conceptual del ATC (sin emplazamiento). Dimos una apreciación favorable de lo que es el concepto general de diseño del ATC en el año 2006.

Entrando un poco en detalle sobre las funciones de seguridad que se deben garantizar en todas las instalaciones de almacenamiento de combustible gastado, debemos mirar a la hora de evaluar una instalación, estos cinco aspectos fundamentales en la seguridad de la instalación.

La subcriticidad, en las **piscinas** de combustible gastado: al introducir más combustible en el mismo espacio (re-raking) se podría comprometer la subcriticidad y la refrigeración, por lo que se necesita una evaluación de detalle de estos aspectos y los sistemas que garantizan la refrigeración forzada (necesitan energía eléctrica y una alta fiabilidad) para mantener su confinamiento.

En los **contenedores** son los mismos conceptos, aquí la ventaja es que la refrigeración es por circulación de aire con convección natural y esto le da una robustez al diseño, no tiene ninguna dependencia eléctrica y le da una seguridad intrínseca muy grande.

En el **ATC** es al fin y al cabo un concepto similar pero centralizado y tiene también importancia la robustez del edificio que debe ser sísmicamente cualificado, la refrigeración por convección natural, no necesitamos sistemas auxiliares que garanticen su refrigeración, lo que da una seguridad intrínseca muy alta.

Una vez analizado el diseño conceptual del ATC, debemos evaluar el **emplazamiento**. El emplazamiento interviene en gran medida en la evaluación de detalle del diseño del ATC, porque hay que valorar todas las características que van a influir en el diseño de la instalación. Características sísmicas, geológicas, meteorológicas. Por otro lado, hay que caracterizar dentro del diseño, los usos de la tierra, el agua, para ver que la repercusión sobre el individuo y la población sean mínimas, en el caso hipotético de un posible accidente, que, como se ha indicado anteriormente, aunque estos sucesos sean altamente improbables, deben analizarse y sus consecuencias radiológicas sobre los trabajadores y sobre el público en general tiene que tener unos límites aceptables.

Hay un tema importante que también se debe evaluar en el caso del ATC, que es la Evaluación de la vida de diseño, que debe incorporar:

- una evaluación de los materiales.
- un análisis de los fenómenos degradatorios.
- un programa de gestión de vida de la instalación.

4. Supervisión y Control del CSN

El otro concepto es el de Supervisión y Control que realiza cotidianamente el Consejo de Seguridad Nuclear.

El combustible nuclear gastado está ahora mismo en las Centrales Nucleares, en las piscinas y en los contenedores, y disponemos de dos inspectores residentes, que están al día de cualquier incidente que pasa en la instalación.

Independientemente, realizamos unas inspecciones periódicas, que para el combustible gastado, es de una periodicidad de cada dos años por instalación. Se revisa la gestión de todo el combustible gastado en las centrales nucleares, la caracterización del nuevo combustible gastado, que se ha sacado del núcleo del reactor, y se supervisan las incidencias habidas.

Por otro lado, cuando ocurre cualquier incidente que se considere significativo, el Consejo de Seguridad Nuclear, con personal propio, realiza una inspección reactiva para ver cuáles han sido las causas y las medidas que se van a adoptar en la instalación.

Por último, realizamos una revisión periódica de las instalaciones nucleares cada 10 años, donde evaluamos el funcionamiento de la instalación a largo plazo, qué nueva normativa técnica, nacional o internacional, ha aparecido y qué normativa debe cumplimentar la instalación en el siguiente período.

5. *Verificación Internacional de la Seguridad en la Gestión del Combustible Gastado y los Residuos Radiactivos*

Estamos sujetos a una Verificación Internacional, que es también importante a nivel de país. Es **la Convención Conjunta sobre Seguridad en la Gestión del Combustible Gastado y los Residuos Radiactivos**, firmada en 1998, en la cual debemos informar sobre la seguridad en el almacenamiento y la gestión del combustible gastado y de los residuos de alta y de los residuos radiactivos en general. A este respecto ya se han realizado tres informes para la Convención.

Por otro lado, el Consejo de Seguridad Nuclear, como organismo regulador, también es revisado por el **Organismo Internacional de Energía Atómica** a través del «Integrated Regulatory Review Service» (IRRS). En lo que respecta a la gestión del combustible gastado, nos ha hecho una recomendación que se expondrá en las conclusiones.

El CSN también pertenece a la **Asociación de Organismos Reguladores Nucleares de Europa Occidental**, que tiene como

objetivo establecer unos niveles de referencia de Seguridad Nuclear comunes a todos los países, su cumplimiento y su incorporación a la regulación de cada país.

6. *Resumen y Conclusiones*

Como resumen y conclusión únicamente destacar estos cuatro puntos:

- En España se dispone del marco normativo, regulador y de supervisión y control para garantizar la seguridad de las instalaciones de almacenamiento de Combustible Gastado y residuos de alta actividad.
- Actualmente están operativos en España diversas modalidades de almacenamiento de residuos de alta actividad, tanto en húmedo como en seco, en condiciones adecuadas de seguridad, acorde con la normativa técnica internacional.
- El CSN ha evaluado el diseño conceptual de ATC (presentado por ENRESA en el 2006) y tiene la capacidad suficiente para evaluar las etapas posteriores (el emplazamiento, construcción y puesta en marcha) cuando le sea solicitado.
- Un importante punto a destacar es que la gestión final de los residuos radiactivos es el Almacenamiento Geológico Profundo, desde la Organización Internacional de Energía Atómica (OIEA) nos recomiendan que seamos más proactivos en esta materia.

LA GESTIÓN DEL COMBUSTIBLE GASTADO Y LOS RESIDUOS RADIATIVOS DE ALTA ACTIVIDAD

Pablo Zuloaga Lalana

Jefe del Departamento de Ingeniería de Residuos de Alta Actividad de ENRESA

El combustible gastado

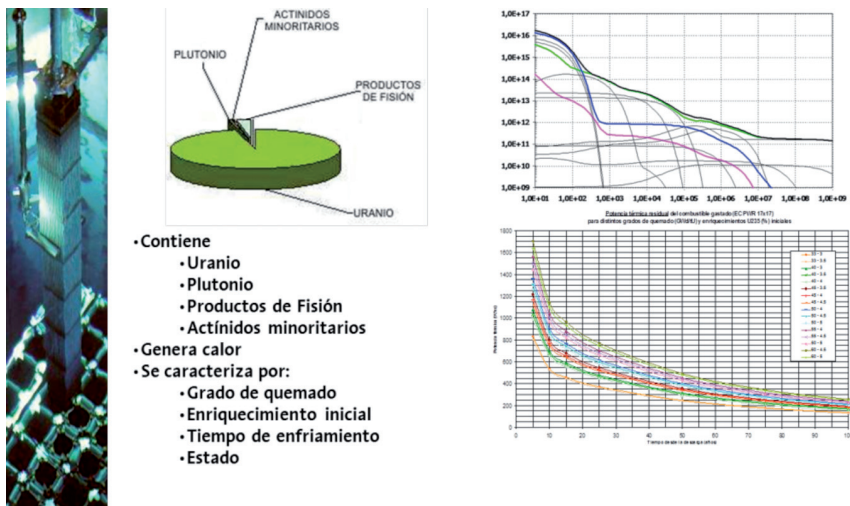
Un elemento combustible de un reactor de agua ligera es un conjunto formado por diversas varillas con una vaina de una aleación de Zircaloy y dentro pastillas cerámicas de óxido de Uranio, como se puede apreciar en la Figura 1.

Durante la operación del reactor, el combustible se transforma mediante reacciones nucleares y genera calor.

Este calor es bajo, depende de cuánta energía ha producido, es decir, del grado de quemado y del tiempo de enfriamiento.

Cuando sale del reactor, genera más y cuando se entregaría a Enresa andaría en torno de un kilovatio, que es una cantidad pequeña, lo único que, con la manía que tenemos de querer aislarlo del medio ambiente, tenemos que evitar que se sobrecaliente.

Y, por último, una característica del combustible es su estado físico: si está intacto o si se requiere un acondicionamiento adicional.



Fuente: Elaboración propia.

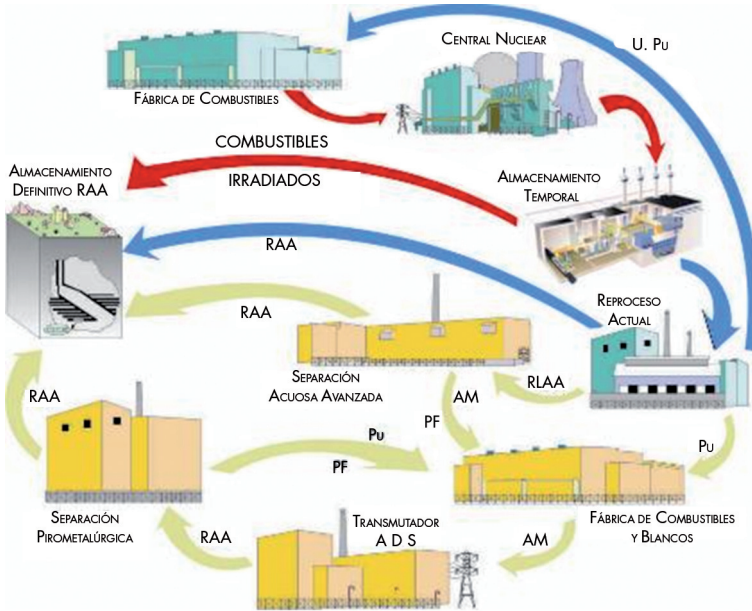
Opciones de gestión a largo plazo del combustible

La Figura 2 muestra el ciclo del combustible.

Como se puede apreciar, puede haber una gestión como combustible o unas opciones de reciclado que las he distinguido entre el Reciclado Industrial (lo que está ya en el mercado, con sus ventajas y sus desventajas) y los Reciclados Avanzados que usan reactores de nuevas generaciones o sistemas transmutadores.

Yo resumiría desde el punto de vista de gestión, que la definición de una opción necesita tiempo. No depende sólo de la gestión de un combustible o de la gestión de residuos, sino que tiene muchísimas consideraciones de estrategia energética. Reciclar exige que se instale una industria nuclear donde se pueda reciclar.

Se requieren desarrollos tecnológicos en cualquiera de las opciones, conceptualmente hay algunas que pueden estar resueltas pero que antes de implantarlas requieren un desarrollo importante y citaría la construcción de un consenso social y yo diría internacional porque, a mi juicio, España no debe descolgarse del pelotón de cabeza, pero tampoco debe escaparse, podemos ir los primeros en temas de este tipo.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2: *Ciclo del combustible.*

Tecnologías de almacenamiento temporal

Por ello, el almacenamiento temporal, aunque no sea la solución definitiva, es una pieza clave de la gestión del combustible gastado, esta gestión del combustible básicamente se inicia en las piscinas.

El agua es un refrigerante y un blindaje bueno y barato. Tiene el inconveniente de la necesidad de sistemas activos. En los primeros años después de la descarga del reactor son necesarios porque el calor generado hace que se refrigere con agua (véase Figura 3).

En seco hay diversas alternativas. Yo diría que, en todos los casos, es la misma normativa de referencia, los mismos criterios y las mismas bases de proyecto. Se utilizan en el mundo diversas opciones, muchas veces seleccionadas por condiciones estrictamente de precio. Pueden ser más o menos convenientes para diferentes cantidades de combustible.



Fuente: ENRESA.

Figura 3: *Piscinas de enfriamiento del combustible usado.*

En España se han utilizado dos sistemas en seco: el de Trillo (ver Figura 4 del capítulo anterior), en donde el contenedor es metálico; y el de Zorita, ahora implantándose también en Ascó, donde el contenedor metálico va dentro de un módulo de hormigón y acero.

Hay otros tipos de almacenamiento en seco: contenedores metálicos; de disposición horizontal; y, por último, la tecnología de bóvedas, la más idónea para grandes cantidades de combustible, que es la adoptada para el ATC.

Combustibles y residuos de alta y media a gestionar

Las cantidades a gestionar en España son del orden de algo menos de 7.000 toneladas de metal pesado de combustible gastado, más unos residuos vitrificados de alta actividad que deben retornar de Francia, del reproceso de combustible de Vandellós I, junto con residuos de media actividad no previstos para El Cabril: unos 600 m³ que deben retornar del reproceso de combustible de Vandellós I en Francia, y aquellos que se generen en los desmantelamientos de los internos de los reactores.

Incremento de la capacidad en central

El primer paso obviamente sería aumentar la capacidad de almacenamiento temporal en las centrales mediante el cambio de bastido-

res por otros más compactos y con absorbentes neutrónicos para mantener los criterios de subcriticidad. En algunos casos, se requiere, además, modificar los sistemas de refrigeración.

La última operación importante ha sido en la central de Cofrentes, donde se han cambiado los bastidores en el año 2009.

En la central de Trillo se ha desarrollado un contenedor metálico que promovió ENRESA, con la colaboración de ENSA; y en el caso de Zorita se seleccionó, en un concurso internacional, un sistema norteamericano de contenedores en módulos de hormigón. En Zorita había una diferencia con respecto a Trillo, pues no se podía seleccionar el combustible, sino que debíamos retirar la totalidad del combustible existente con objeto de permitir el vaciado de la piscina y con ello el inicio del desmantelamiento.

En el caso de Ascó es una solución transitoria modular, de manera que se tenga una instalación hasta la puesta en servicio del ATC.

El contenedor de Trillo es de doble propósito y está dentro de un edificio. Doble propósito quiere decir que tiene una autorización para almacenamiento y tiene una autorización para transporte, se pueden transportar directamente sin ningún tipo de cambio.

En el caso de Zorita, en José Cabrera, la misión conjunta de almacenamiento y transporte lo tiene lo que nosotros llamamos la cápsula de almacenamiento, que es un contenedor de inoxidable para 32 elementos que está diseñado tanto para ser utilizado en el transporte como en el almacenamiento. Sin embargo, las funciones de almacenamiento y transporte —que en el caso de Trillo eran únicas, lo que encarecía mucho el producto— se separan. Esta cápsula se puede introducir dentro de un módulo de hormigón y acero que hace las funciones del edificio de Trillo, como son proporcionar el blindaje con un material más barato, y, por otro lado, se puede utilizar dentro de un contenedor de transporte, que es el situado en la figura, en el que encaja perfectamente y que se utilizaría para su transporte al exterior de la instalación.

Para mover el combustible de un sitio a otro, dentro de la cápsula, existe un tercer contenedor que es el de transferencia, que se ha utilizado para cargarlo en la piscina, llevarlo a los módulos de almacenamiento y en su momento se utilizará para llevarlo de los módulos de almacenamiento al contenedor de transporte.



Fuente: ENRESA.

Figura 4: *ATI Zorita*.

En Ascó la solución es la misma, salvo que probablemente la operación sea más sencilla, porque Ascó dispone de un edificio de combustible que permite manejar el contenedor de transferencia en posición vertical sin tenerlo que tumbar para pasar por los recovecos del recinto de contención, lo que complicó la operación en José Cabrera.

Objetivos de una instalación de almacenamiento en seco

Básicamente el objetivo de una instalación de almacenamiento es la protección de los trabajadores, del público y del medio ambiente, con una serie de criterios relativos a las funciones de seguridad: la criticidad, el confinamiento para evitar la dispersión y el blindaje para reducir los niveles de radiación.

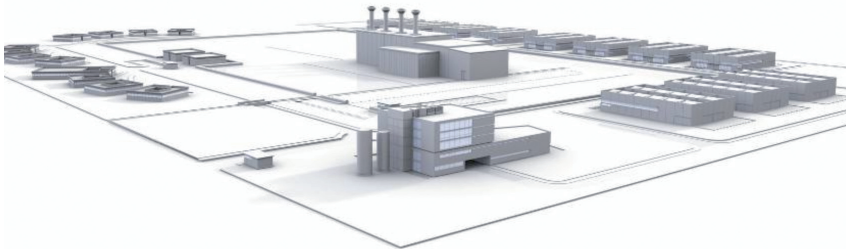
Yo incluiría como criterio adicional la recuperabilidad, no sólo para poderlos sacar de allí, sino para sacarlos en unas condiciones que no limiten las posibles opciones futuras de la gestión. Para ello no se deben superar unos límites de temperatura que pudieran poner en peligro la integridad, no sólo del sistema de confinamiento, sino del propio

combustible. Dado que se trata de períodos prolongados (estamos conservando períodos relativamente prolongados, aunque, cuando hablas con gente que se dedica al almacenamiento definitivo, 60 años es lo que llaman la descarga instantánea), la refrigeración debe ser preferentemente pasiva, de manera que se reduzcan los requisitos de vigilancia, y, con ellos, los costes de explotación. Además, las condiciones ambientales del almacenamiento del combustible (en atmósfera de un gas inerte seco) hacen que no haya corrosión.

Ya se han citado dos instrucciones de seguridad específicas, además de la normativa general de instalaciones nucleares: la existencia de instrucciones nos ayuda a nosotros a proponer cosas que sean aceptables por el Consejo de Seguridad Nuclear.

El Parque Tecnológico del ATC

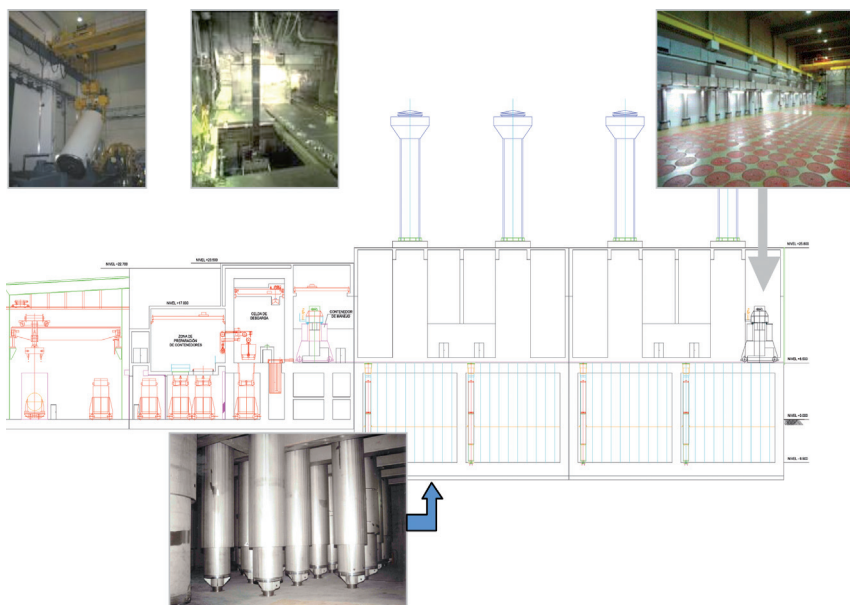
El ATC forma parte de una actuación de un conjunto industrial y de investigación, que hemos denominado El Parque Tecnológico ATC (ver Figura 5), que consta de tres partes principales: el ATC propiamente dicho, un centro tecnológico asociado y un parque empresarial.



Fuente: ENRESA.

Figura 5: *Esquema del futuro parque tecnológico ATC.*

La Figura 6 muestra una sección del ATC. Se aprecia que tiene tres partes: una primera parte de recepción, la situada a la izquierda de la figura, en la que se ve la descarga de un contenedor de transporte. Aquí se reciben los contenedores de transporte.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6: Sección de un ATC.

En esa zona, el elemento principal de seguridad es el propio contenedor de transporte que ha estado en la calle (en la vía pública). De ahí se pasa a una segunda zona, que podríamos llamar zona de proceso, donde el contenedor de transporte se acopla a una celda caliente de manipulación donde se abre el contenedor; se extrae el combustible; éste se coloca dentro de las cápsulas; se verifica el secado (viene seco ya para el transporte) y se llena de Helio; se sellan las cápsulas, que pasan a la tercera zona, que es la de almacenamiento.

El sistema elegido es un sistema denominado en la jerga internacional de bóvedas: se prevé la existencia de 12 bóvedas, construidas en tres fases, de las cuales se necesitan 11; la última quedaría de reserva. Estas bóvedas disponen de unos tubos de almacenamiento y en su parte superior de una nave de transferencia donde hay un contenedor de transferencia acoplado a una grúa de manejo. El contenedor de transferencia se carga en la celda caliente y, posteriormente, se acopla a los diversos tubos de almacenamiento.

En mayor detalle, el combustible se mete en las cápsulas, que quedan llenas de Helio seco. Estas cápsulas se introducen de dos en dos (para el combustible del reactor de agua ligera), en los tubos de almacenamiento. Dentro de los tubos de almacenamiento quedan rodeados de otro gas inerte, diferente del Helio, para permitir detección de fugas, como Nitrógeno o Argón (todavía lo tenemos en discusión). En la parte inferior del tubo hay un absorbedor de choque de material ligero, de aluminio, de manera que en caso de un accidente no se dañen las cápsulas.

Estos tubos de almacenamiento presentan una doble pared, de manera que el aire de refrigeración pasa por el exterior del tubo. Por lo tanto, el aire de refrigeración nunca está en contacto con el combustible y ni siquiera está en contacto con las cápsulas de almacenamiento, está en contacto con el tubo de refrigeración. Funciona por convección natural, por tiro natural y las chimeneas son de 45 metros de altura, habiendo una chimenea por bóveda.

Tenemos que decir que tenemos analizado qué pasa si se cae la chimenea, porque ésta está fuera del búnker formado por las paredes de dos metros de espesor que rodean las bóvedas. En caso de un accidente que derribara las chimeneas, las temperaturas subirían ligeramente pero estarían dentro de los límites aceptables para una situación anormal.

Puntos fuertes y retos

Quería resaltar una serie de puntos fuertes y algunos retos que nos quedan en el proyecto del ATC.

Los puntos fuertes son:

- Es un proyecto con amplias referencias internacionales. Podemos decir que está resuelto plenamente tecnológicamente.
- En estos momentos la experiencia de almacenamiento en seco, tanto en Trillo como en Zorita como en el proyecto de Ascó, nos da una experiencia tanto en el licenciamiento como en el diseño, en la explotación y en el manejo de combustible gastado en seco.
- El diseño genérico apreciado favorablemente por el Consejo de Seguridad Nuclear es una buena referencia de partida.
- Se trata de una instalación, compacta, robusta y resistente por su propia concepción, y

- Presenta también una buena facilidad de reversibilidad de cara a los pasos siguientes de las opciones de gestión de combustible.

Como retos:

- Disponer de un emplazamiento.
- Nosotros estamos deseosos de empezar a hacer los trabajos de caracterización detallada, que permita hacer la documentación oficial para iniciar los procesos de licenciamiento tanto de seguridad nuclear y protección radiológica como de evaluación ambiental de declaración de impacto ambiental, necesarios para licenciar una instalación de este tipo.
- El otro reto es la complejidad técnica de algunos de los equipamientos. Existe en el mercado, se sabe hacer, el único problema es que, como son complejas, llevan tiempo, y eso nos lleva al tercer reto.
- Poder hacerlo en los plazos apretados que tenemos.

Por último, citar que tiene amplias referencias internacionales.

Nosotros usamos como concepto de referencia el Centro de los Países Bajos de HABOG, que, como se ve en la Figura 7, está en medio de un polígono industrial convencional.



Fuente: COVRA.

Figura 7: ATC de Habog.

Las Figuras 8 a 11 muestran cuatro fotos de esta instalación a la llegada de un tren con residuos de alta actividad procedentes de Francia; en la descarga de un contenedor de transporte; la celda caliente, el área de sellado de cápsulas para combustible gastado de un reactor de investigación; y los tubos de almacenamiento.



Figura 8.



Figura 9.



Figura 10.



Figura 11.

Fuente: COVRA.

Figuras 8 y 9: *Descarga de un contenedor de transporte en el ATC de Habog.*

Figura 10: *Celda caliente.*

Figura 11: *Tubos de almacenamiento.*

El centro tecnológico asociado al ATC

Quería citar el Centro Tecnológico Asociado al ATC, que es una de las piezas importantes de este proyecto.

Nosotros mantenemos, desde los años 80, desde hace ya 30 años, unos planes de Investigación y Desarrollo, que desarrollamos en gran medida en colaboración con el CIEMAT, que es uno de los actores principales, y que apoya tanto nuestras prácticas como la toma de decisiones sobre las opciones.

El Centro Tecnológico es, para nosotros, una oportunidad de investigación y además presenta claras sinergias con la presencia del ATC.

La primera es que el primer elemento del Centro Tecnológico es la celda caliente del ATC (donde ya se pueden hacer cosas de preparación). La segunda es disponer de unas instalaciones auxiliares comunes, que pueden facilitar la implantación del Centro Tecnológico.

El Centro Tecnológico estaría formado por una serie de laboratorios. Entre ellos, estaban previstos dos de carácter nuclear: uno de combustible gastado y residuos de alta, y otro de residuos de baja. Nuestra idea es juntarlos para aprovechar las instalaciones comunes. Además habrá una serie de laboratorios convencionales: de química, de prototipos industriales, de comportamiento de materiales, etc.

El laboratorio principal, que sería el de combustible y residuos, tendría una parte dedicada al combustible nuclear. La idea es tener un laboratorio donde seamos capaces de hacer ensayos de caracterización y de estudio del comportamiento del combustible, con combustible real, en vez de hacerlo con combustible simulado, que, con las limitaciones que tenemos, es lo único que podemos hacer en España en este momento. Si no, tenemos que ir al extranjero.

Parece razonable que dispongamos de unos laboratorios con un mínimo de capacidades, y en ese sentido el laboratorio de combustible tendría un laboratorio de celdas calientes, que nos permitiría hacer todo este tipo de ensayos sobre combustibles y sobre otros materiales irradiados, por ejemplo, materiales irradiados en reactores extranjeros, dentro de los programas para apoyar los planes de transmutación. Por último, la parte baja estaría más destinada al comportamiento de materiales de barreras de aislamiento para las etapas siguientes de gestión.

Los transportes. Requisitos de los contenedores

Al hablar de gestión de combustible hay un aspecto que no hay que olvidar en ningún caso que es el del transporte.

El transporte siempre va a ser una necesidad. Hay que decir que el transporte de mercancías de materiales radiactivos, está muy soporado internacionalmente. Hay una normativa común: hay una normativa de seguridad del Organismo Internacional de la Energía Atómica, que es el recogido en los diversos acuerdos modales de transporte (por carretera, por ferrocarril, en avión, o marítimo) de la Unión Europea, que son los transpuestos en la normativa española.

La seguridad, además de en las condiciones de transporte, está basada sobre todo en unos contenedores de transporte que tienen que estar aprobados, proyectados y ensayados de acuerdo con dicha normativa internacional. Entre otras cosas, deben soportar fuegos de 800°C, caídas desde 1 m. sobre un punzón, inmersiones a 200 metros, o caídas libres desde 9 metros; no en un ensayo único, sino en las diversas posiciones consideradas que puedan dañarlo. Por tanto, se establecen secuencias de ensayos, y hay que hacer varios modelos para poder ensayarlos.

En cualquier caso, deben garantizarse todas las funciones de seguridad tanto en condiciones normales de trabajo como en condiciones accidentales.

Resumen y conclusiones

Como resumen y conclusiones:

- Los períodos necesarios para las tomas de decisiones e implantación de opciones llevan a un período prolongado.
- El almacenamiento en seco es una solución probada y aceptada en la mayor parte de los países. Yo diría que los que no utilizan el almacenamiento en seco es porque lo tienen ya desde hace años, cuando, antes de los años 90, no estaban implantadas las soluciones de almacenamiento en seco; o, porque dentro de su esquema de gestión, es la entrada a otras etapas de gestión. En todos los demás casos se utiliza la solución de almacenamiento

en seco, y los requisitos son los mismos en cualquier modalidad de almacenamiento. Ésta depende de las cantidades a gestionar.

- El almacenamiento temporal centralizado es obviamente más eficiente para lograr los mismos requisitos de seguridad. No nos gusta decir que es más seguro: me extrañaría que el ponente del CSN nos permitiera reducir los márgenes de seguridad, pero sí que podemos decir que para obtenerlos se puede hacer de forma claramente más eficiente.
- El ATC es una instalación segura y con unas amplias referencias internacionales, es intrínsecamente robusta.
- Y, por último, el Centro Tecnológico Asociado es una oportunidad que no debemos desaprovechar para la I+D. Es una infraestructura de investigación que no sólo apoyará nuestros planes de investigación, sino que podría dar soporte a la zona de implantación.

**LA GESTIÓN DE RESIDUOS
RADIATIVOS.
LA EXPERIENCIA EUROPEA**

LA PROPUESTA DE DIRECTIVA RELATIVA A LA SEGURIDAD DE LA GESTIÓN DEL COMBUSTIBLE NUCLEAR GASTADO Y LOS RESIDUOS RADIATIVOS

Carlos de Miguel Perales

Socio de Uría-Menéndez.

Profesor de Derecho civil por la Universidad Pontificia de Comillas

1. Como antecedentes deben tenerse en cuenta los siguientes:

- La competencia comunitaria para redactar esta Directiva deriva, fundamentalmente, de los artículos 2 b), 30 y 37 del Tratado Euratom.

Desde un punto de vista jurídico, hay un principio a nivel de Derecho europeo, que es el principio de subsidiaridad, de acuerdo con el cual las instancias comunitarias tienen que dictar normas sólo si resultan más eficientes y resulta más justificado en relación con los fines de la Unión Europea, frente a la regulación por parte de los Estados miembros.

En el presente caso se han dado fundamentalmente dos razones concretas para que la Unión Europea dicte normas en esta materia.

Por un lado, desde el punto de vista de la seguridad, lo cual parece lógico. Baste decir que se reconoce expresamente que los efectos de posibles incidencias que puedan tener lugar con combustible gastado y residuos radioactivos, pueden tener efectos más allá de la frontera de los Estados miembros.

Y en segundo lugar, desde el punto de vista del impacto que puede tener en el mercado interno, razón que, en mi opinión, puede ser cierta, pero es tan amplia que puede aplicarse prácticamente a cualquier situación. Es difícil no estar de acuerdo con este argumento.

- Por otro lado, deben tenerse en cuenta otras normas de las que la propuesta de Directiva trae causa. Así, cabe citar la Directiva 96/29, sobre normas básicas relativas a la protección sanitaria de los trabajadores y de la población contra los riesgos que resultan de las radiaciones ionizantes; la Directiva 2003/122, sobre el control de las fuentes radiactivas selladas de actividad elevada y de las fuentes huérfanas; la Recomendación de la Comisión de 24 de octubre de 2006, sobre la administración de los recursos financieros destinados a la clausura de instalaciones nucleares y a la gestión del combustible gastado y los residuos radiactivos; y diversas normas internacionales de la OIEA.

Desde el punto de vista legal, interesa tener en cuenta que, por lo menos en este sector del que estamos hablando ahora (combustible gastado y residuos radioactivos), las normas internacionales, o algunas de las normas internacionales al menos, no tienen efecto jurídicamente vinculante, con lo cual también esta propuesta de Directiva quiere conseguir, para los Estados miembros de la Unión Europea, que queden obligados a estas normas internacionales que a día de hoy podrían no resultar, como digo, en una obligación jurídica.

2. La propuesta es el siguiente paso necesario a la Directiva 2009/71, sobre seguridad nuclear, que quiere tener carácter básico y marco.

3. La propuesta de Directiva pretende establecer un marco para una gestión responsable y segura del combustible nuclear gastado y de los residuos radiactivos, y en este sentido recoge una serie de grandes principios generales que deberán traducirse en acciones concretas.

Como objetivos específicos tendríamos tres:

- Dos muy claros: el primero, asegurar el establecimiento de medidas nacionales para lograr un alto nivel de seguridad; se

trata, pues, de una base a partir de la cual son los Estados miembros los que van a tener que tomar acciones concretas.

- En segundo lugar, se encuentra el objetivo de mantener y fomentar la información pública. Este objetivo está en línea con la política general de dar cada vez más participación al público. Hay un área íntimamente ligada con esto, por supuesto, que es la protección del medio ambiente, donde este objetivo de información pública ha cobrado en los últimos años un papel fundamental, desde el Convenio Internacional de Aarhus. Este Convenio luego se traspuso a una Directiva comunitaria, que a su vez ha dado lugar a normas estatales, aquí en España desde el año 2006.
- El tercer objetivo es el de concretar otras normas sobre la materia como pueden ser, con carácter especial, por ejemplo, los residuos mineros.

4. El ámbito de aplicación de la propuesta incluye, como no podía ser de otra manera, todas las etapas de gestión del combustible gastado y de los residuos radioactivos. Por contra, no se aplica, a residuos de industrias radioactivas que pueden ser radioactivos, ni a descargas autorizadas.

5. Como principios generales destacan los siguientes:

En primer lugar, está el principio de **responsabilidad última** de los Estados miembros, principio que hay que entender compatible con la responsabilidad de los titulares de licencias. En mi opinión, cuando se habla de responsabilidad última de los Estados miembros se quiere decir que son los Estados miembros, en última instancia, los que tienen el poder de coerción, el poder de imposición de obligaciones y de imposición de sanciones; son ellos, pues, los que tienen que asegurarse del cumplimiento de la Directiva.

Luego tenemos un grupo de principios generales que se comparten bastante, en mi opinión, con principios generales en el ámbito general de los residuos:

Primero tenemos el principio de **reducción al mínimo de la generación de residuos radioactivos**. Esto significa, obviamente, que la mejor manera de no tener que preocuparse de residuos es si no

los tenemos, pero que si se van a generar, porque es inevitable, hay que intentar reducirlos al máximo.

Otro principio general es el de **considerar las interdependencias entre todas las etapas de generación y gestión de los residuos**. Desde el punto de vista genérico de los residuos podría hacerse referencia a la idea del análisis del ciclo de vida, lo que se llama «desde la cuna hasta la tumba», tratando en ese sentido también, en todas esas etapas, de reducir al mínimo la generación de residuos.

El tercer principio es el que subyace bajo el concepto, del que tanto se habla, de «**desarrollo sostenible**», es decir, la no imposición de cargas a futuras generaciones, que incluso se ve como un principio ético. Es decir: somos nosotros los que nos estamos beneficiando a día de hoy de la energía nuclear; por tanto, debemos intentar solucionar nosotros el problema que esa energía puede suponer, y no dejárselo a los que vengan después.

El siguiente principio que recoge la propuesta, de **gestión segura**, es tan amplio que prácticamente abarca todos los demás.

El último principio, quizás consecuencia del primero, es que los residuos radioactivos **deben almacenarse definitivamente (no temporalmente), en el Estado en el que se hayan producido** salvo, por supuesto, que hubiera acuerdo con algún otro Estado.

6. Los titulares de licencias tienen diversas obligaciones, todas ellas relacionadas de una manera u otra con la seguridad.

Así, la propuesta se refiere de manera genérica a su responsabilidad primordial e indelegable en materia de seguridad. Esta obligación general se concreta luego en otras más específicas. Así, tienen que llevar a cabo evaluaciones periódicas, aplicar sistemas de gestión que prioricen la seguridad, y aportar y mantener recursos financieros y humanos para cumplir con sus obligaciones de seguridad; por otro lado, con la solicitud de licencia deben presentar un estudio y una evaluación de seguridad.

Al final, todo lo anterior no es más que concreción del principio que citaba antes de «gestión segura».

7. Por último, quiero hacer referencia a otros deberes de los Estados, en concreto tres, que son quizá consecuencia de su deber primario de tener un marco organizativo.

Marco organizativo significa tener un marco legal determinado, un marco reglamentario determinado, y un marco institucional determinado (lo que implica, por ejemplo, nombrar a una autoridad regulatoria en materia de combustible gastado y de residuos radiactivos). Es decir, se trata de tener todo un sistema que permita la ejecución completa de esta directiva.

Como manifestaciones concretas de este deber primario cito las tres que señalo aquí: disponer de recursos financieros suficientes, teniendo en cuenta la responsabilidad de los productores de residuos; asegurar que se facilita información al público y a los trabajadores, y que se da al público la oportunidad de participar en la toma de decisiones; y revisar y actualizar periódicamente los programas de gestión del combustible gastado y residuos radiactivos.

8. Para finalizar, la cuestión del tiempo, es decir, para cuándo la Directiva.

Se prevé que la Directiva esté aprobada el año que viene, en 2011. Y como plazo de transposición de la propia Directiva, se prevén dos años, esto es, para 2013. Cuestión concreta relevante es la del programa nacional que cada uno de los Estados miembros deberá tener; para ello se darían dos años más, es decir, hasta 2015.

REPROCESO DEL COMBUSTIBLE USADO: ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN BELGA

Hubert Druenne

Ingeniero Jefe, Estudios de Combustible, Tractebel Engineering GDF Suez. Bélgica

Les voy a ofrecer un análisis de la situación en Bélgica. En primer lugar, trataré brevemente de nuestro grupo GDF Suez, luego daré cuenta de esa larga trayectoria en materia de energía nuclear y finalmente pasaré al análisis de la situación en Bélgica.

GDF Suez, líder mundial del sector de los servicios

GDF Suez surge de la agrupación de toda una serie de unidades corporativas (Gaz de France, Suez Lyonnaise des eaux-Tractebel). Con una facturación de 80.000 millones de euros en el 2009, estamos en el segundo puesto del ranking mundial.

GDF Suez tiene un amplio parque de centrales eléctricas de las cuales el 15% funcionan a base de combustible de Uranio.

Historia de la energía nuclear en Bélgica

La energía nuclear en Bélgica tiene una historia muy larga, arrancando el siglo pasado, en 1915, con el descubrimiento de yacimientos muy ricos en el Congo Belga. Se explotó primero el Radio, cuando en

aquel entonces el Uranio se consideraba un residuo. Posteriormente, se explotó en instalaciones precisamente dirigidas al Uranio y se trató del filón más rico del mundo por aquel entonces.

En los años cincuenta, todo parecía posible gracias a la energía nuclear. Ése era el gran mensaje, también apoyado por la literatura, especialmente la literatura para el público «joven de 7 a 77 años», como Tintín que todo el mundo conoce. Ustedes saben que Tintín llegó a la luna con un cohete propulsado por Plutonio. Por otro lado, el átomo fue el lema y tema central de la Exposición Universal de Bruselas en 1958.

Así mismo, en 1952 se creó el Centro de Estudios de Energía Nuclear (CEN) en Mol, el mismo sitio donde recientemente se creó el conocido proyecto Myrrha. El CEN tiene uno de los laboratorios calientes «hot lab» más famosos del mundo, activo hoy en día. Cuando el reactor nuclear BR-1 llegó a nivel crítico, Bélgica, aunque es un país pequeño, fue el tercer país en Europa, después del Reino Unido y de Francia, en este tipo de esfuerzo en la promoción de la energía nuclear.

Luego entró en operación el reactor de investigación BR-2, que sigue activo y, en 1962, el BR-3, que fue el primer reactor de agua presurizada en Europa. Ahora se está desmantelando y ha sido la primera ocasión de comprobar la técnica de desmantelamiento completo. En 1971 se fundó el Instituto de Radioelementos (Institut des Radioéléments, IRE) puntero a nivel mundial en cuanto al desarrollo de radioisótopos para la utilización de la energía nuclear, entre otros en la Medicina.

Reprocesado y reciclado, la política de referencia

La generación de energía eléctrica en Bélgica se basó en el reprocesado y el reciclado. Belgonucléaire se creó en 1957. Desarrolló el proceso MIMAS que entre tanto se utiliza también en la planta Melox en Francia y así mismo fue en estas instalaciones en las que se fabricó una barra de combustible MOX (óxidos mixtos) por primera vez en el mundo. En 1962, se fundó la fabricación de combustible franco-belga FBFC donde se fabricó el primer conjunto MOX, que sigue operativo a día de hoy.

En 1966, se creó EUROCHEMIC una planta piloto para fines de reprocesado, creada por 14 países en Mol. Después de varios años, cuando los grandes países tuvieron capacidades industriales propias para el reproceso, se prescindió de la extensión y en 1974 se acabó cerrando esa planta.

En 1967, CHOOZ, un proyecto Franco-Belga fue el mayor reactor de agua presurizada de aquel entonces. Acabó cerrándose en 1991. De 1974 a 1975 comenzaron las primeras unidades de Doel y Tihange, cuyo diseño está basado en el reprocesado y por ello tienen pequeñas piscinas para el almacenamiento del combustible gastado.

En 1974, se lanzó el programa de investigación para el Almacenamiento Geológico Profundo (AGP). El laboratorio HADES subterráneo sigue operativo hoy en día.

Finalmente completan el paisaje nuclear belga las centrales nucleares en Doel: Doel 1, 2, 3 y 4 y en Tihange, Tihange 1, 2 y 3: todas ellas instalaciones de distinta potencia, pero con un punto común: el reactor de agua presurizada.

La electricidad de origen nuclear en Bélgica

La electricidad generada por estas instalaciones se puede contemplar en la Figura 1. Representa más o menos el 55% del total de energía eléctrica consumida en Bélgica.

Pero la historia al final no pinta tan bien. Después del accidente de Three Mile Island (Isla de las Tres Millas) en 1979 y del accidente de Chernóbil en 1986, se generó un movimiento anti-nuclear muy poderoso. Fue también por falta de información al público, por la percepción que tiene de los residuos nucleares, por la probabilidad de incidentes, un miedo aumentado por la gran densidad de población en Bélgica, y finalmente por la posibilidad de un riesgo de proliferación. Hubo un miedo a las «bombas sucias» hechas por terroristas con Plutonio y se produjo una clara demonización de la energía nuclear, como vemos también por la literatura: el Plutonio acaba siendo demonizado.

UNIDAD	En operación desde	NSSS ^(a)	Número de elementos Combustible	Número de barras de combustible	Altura fisil [pies]	Potencia térmica [MW]	Programas de aumento de potencia	Gestión de combustible	Tasa de generación [W/cm]	Temperatura de salida del núcleo [°C]	Punto caliente	Necesidades de Uranio		Combustible gastado tUM/GWey
												tUM nat/GWey	t SWU/GWey	
Doel 1	1975	W	121	14*14	8	1192 > 1311 (+10%)	PU+SGR en 2009	12 m	224	316,8	FDH	208	141	21
Doel 2	1975	W	121	14*14	8	1192 > 1311 (+10%)	PU+SGR en 2004	12 m	244	316,1	1,64	204	141	21
Doel 3	1982	FRA	157	17*17	12	2775 > 3054 (+10%)	PU+SGR en 1993	12 m ^(b)	196	324,7	1,62	192	129	20
Doel 4	1985	W	157	17*17	14	2988	SGR en 1996	18 m	165 ^c	327,3	1,62	204	146	19
Thorge 1	1975	FRA	157	15*15	12	2655 > 2865 (+8%)	PU+SGR en 1995	18 m	238	322,2	1,64	213	147	22
Thorge 2	1982	FRA	157	17*17	12	{ 2775 > 2895 (+4,3%) > 3054 (+10% tot)	PUCE en 1995	18 m	196	324,4	1,65	224	156	22
Thorge 3	1985	W	157	17*17	14	2988	SGR en 1998	18 m	165 ^c	331,3	1,62	198	134	21

Fuente: Elaboración propia.

Figura 1: Las centrales nucleares en Bélgica.

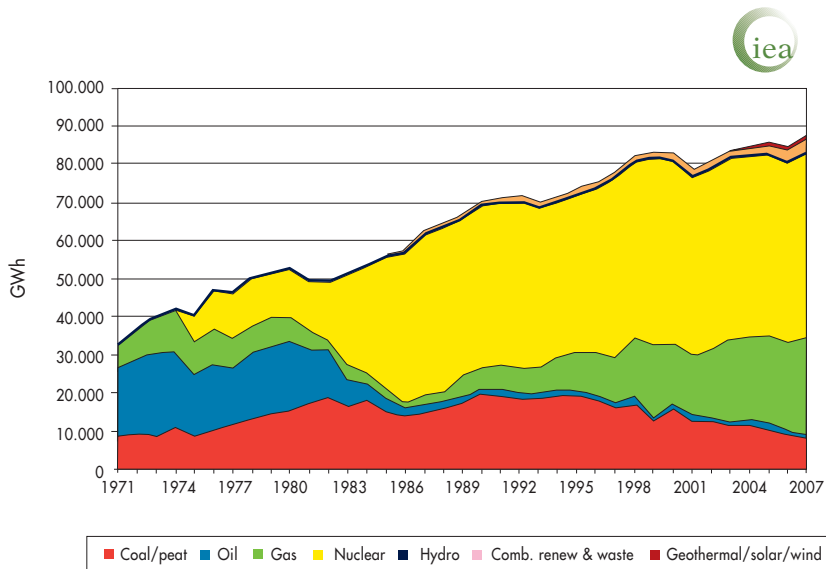


Figura 2: La producción de electricidad en Bélgica, por combustible (OECD/NEA 2009).

En este clima, el Parlamento belga tomó en 1993 la decisión de suspender todos los contratos de reprocesado, y en 1998 el Gobierno decidió la cancelación de todos los contratos de reprocesado. Autorizaron, sin embargo, el reciclado del Plutonio como MOX en dos unidades (Tihange 2 y Doel 3) y la utilización de URE —Uranio enriquecido— en Doel 1 como full-core, núcleo pleno.

A día de hoy, el combustible gastado se traslada *in situ* al almacenamiento temporal. La saturación de las capacidades de almacenamiento está llegando al límite, por lo que se están estudiando dos posibilidades en paralelo: crear nuevas capacidades de almacenamiento y reprocesar el combustible usado. Me voy a concentrar en este segundo concepto: el reprocesado de combustible usado.

Análisis del reprocesado

Como ya se ha dicho, el combustible usado contiene un 95% de materiales reciclables. Cuando se saca del reactor, contiene aún mucho

Uranio. Eso sí, es Uranio empobrecido, puesto que se ha ido enriqueciendo con isótopos, luego después de la fisión en el reactor, acaba empobrecido pero aun así más o menos el 94% sigue siendo Uranio. Además hay 1% de Plutonio, que se ha generado en el reactor y el resto son Actínidos minoritarios y productos de fisión. Representan un 4 o 5% que son realmente lo que entendemos por desechos o residuos. Siempre en función de la energía generada por el conjunto en este proceso, este material reprocesado pasa por una evolución y los isótopos cambian en función de la energía producida por el conjunto reprocesado.

Algunos isótopos son difíciles de gestionar, por ejemplo el U-232 (por sus consecuencias radiológicas), U-236 y U-234 son absorbentes de neutrones y cuando están presentes en el combustible hay que hacer un sobre-enriquecimiento. En el caso de MOX, lo mismo pasa con el Plutonio: se crean isótopos y la composición isotópica irá cambiando, siempre en función de la energía presente en el conjunto inicial y también en función del tiempo de almacenamiento de este conjunto. Así, por ejemplo, con el tiempo, el isótopo fisible en el Plutonio, el Plutonio-241 decrecerá y aparecerá en cambio Americio, que es un absorbente de neutrones, de manera que el almacenamiento a largo plazo no es bueno para la calidad del Plutonio.

Bien pues, estos dos materiales se reutilizan: El Uranio como Uranio enriquecido (URE) y procesado y en el caso del Plutonio, una vez mezclado con Uranio empobrecido, se puede reciclar como MOX.

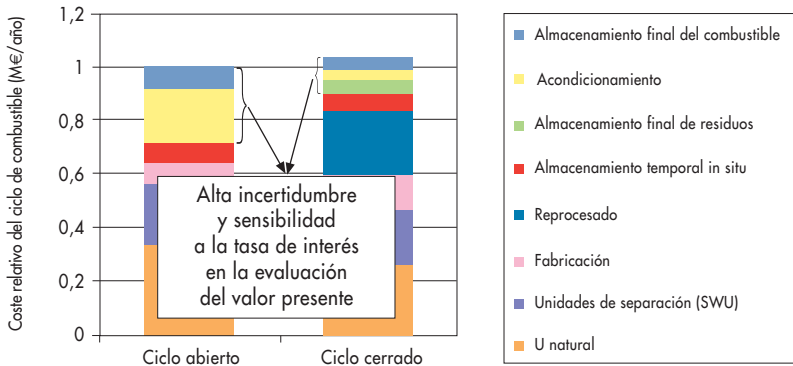
¿Cuál es el objetivo del reciclado?

Se trata de lograr la misma energía en ciclo si reponemos parte de Uranio natural enriquecido por conjuntos reciclados, por ejemplo, MOX o URE. En función del enriquecimiento y en función de la calidad, no siempre es posible mantener esa equivalencia, razón por la cual a veces hay que sobre-enriquecer el combustible de Uranio enriquecido natural co-residente.

Comparación ciclo abierto-ciclo cerrado

Brevemente haré una comparación entre el ciclo abierto donde el combustible se considera residuo una vez se ha realizado la combustión y se extrae del núcleo, y el ciclo cerrado, donde hay un reprocesado y una reutilización del Uranio reprocesado.

Comparación ciclo abierto y cerrado para una gestión de combustible de 18 meses y una tasa de quemado de 52 GWd/t



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3: Comparación de los costes del ciclo abierto y cerrado.

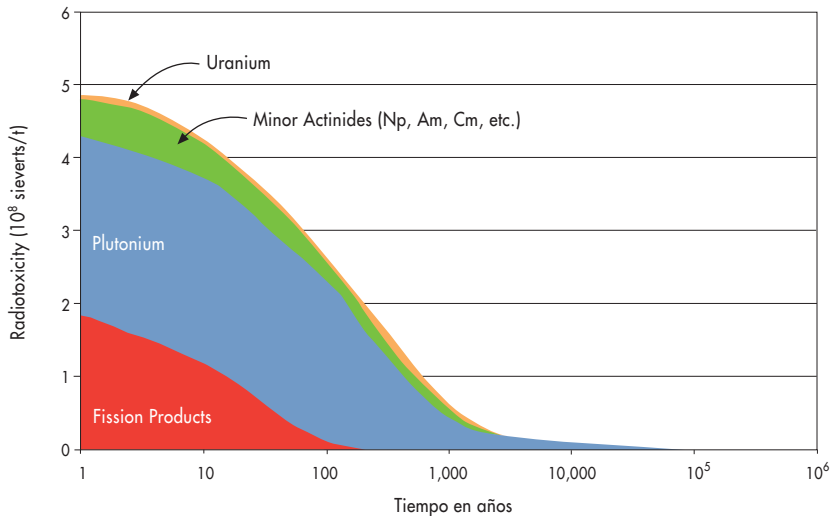
- Tenemos primero el Uranio natural y luego, como se ve en la Figura 3, en comparación en función de costes relativos entre estos dos tipos de solución, ciclo abierto y ciclo cerrado.
- En primer lugar, el coste del Uranio natural, coste del enriquecimiento, coste de fabricación y lo que podemos ver, es que este ciclo cerrado tiene menor coste de entrada en lo que llamamos Front-end, que es la fabricación y enriquecimiento del Uranio natural, por el bajo grado de combustible fresco que hay que aportar debido a esa característica cerrada del sistema. Es decir, podemos reponer, *grosso modo*, un 20%. Se ve que que no es un 20% en este caso, pero eso se debe al sobre-enriquecimiento necesario del Uranio natural, pero en cualquiera de los casos es una ventaja.
- Luego tenemos los costes de reprocesado: reprocesado en sí mismo pero también acondicionamiento y almacenamiento final del residuo vitrificado, y, por otra parte, tenemos el almacenamiento temporal de los combustibles usados, que es más alto en el ciclo abierto puesto que sólo el combustible usado MOX y ERU se tienen que almacenar *in situ* antes de su acondiciona-

miento y su almacenamiento en capas geológicas profundas, porque se entienden como residuos en sí mismos.

- El acondicionamiento que es la preparación del combustible antes de su almacenamiento definitivo, tiene un gran impacto en el ciclo abierto.
- Finalmente están los costes del almacenamiento definitivo.

Entonces si tenemos 100% en el ciclo abierto, contando entre un 5% y un 6% más en el ciclo cerrado. Ahora bien, hay un alto grado de incertidumbre en materia de costes de almacenamiento final, se materializa en función del valor neto presente actual que puede fluctuar, evidentemente, así que hay un alto grado de incertidumbre o de volatilidad en nuestro cálculo.

Comparando en términos económicos, el reprocesado es ligeramente más caro pero se pueden controlar mejor los costes y desde el punto de vista técnico se nos brinda la posibilidad de reducir la necesidad de material fisible, es decir, de reducir el consumo de recursos naturales, y por otro lado se reducen los volúmenes de residuos altamente radioactivos.



Fuente: WNA.

Figura 4: Radio-toxicidad por tonelada de combustible irradiado.

En la Figura 4, podemos observar en el eje temporal y lineal la evolución de la radio-toxicidad de los combustibles usados. Podemos apreciar que el Plutonio es el máximo responsable de la radio-toxicidad del combustible y al reprocesar el Plutonio de forma separada, está claro que la radio-toxicidad, y también el calor residual generado se reducen y se reducen mucho. Reducir el volumen de los desechos radioactivos de alta actividad y la potencia residual es una ventaja a tener en cuenta. Pero aun así, en Bélgica, se contemplan las dos opciones mientras que ninguna decisión firme se haya concluido para el futuro.

GESTIÓN DEL COMBUSTIBLE USADO EN EUROPA

Bertrand Barré

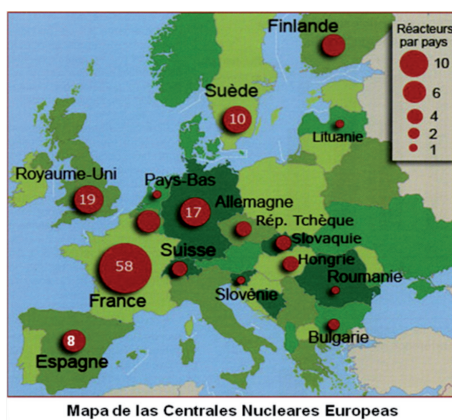
Ex Presidente de la Academia de Energía Nuclear Internacional.

Ex Presidente de la Sociedad Nuclear Europea.

Consejero Científico del Grupo Areva

A continuación voy a presentarles la gestión del combustible usado en Europa.

Decir de entrada y a modo de recordatorio que hay 143 centrales nucleares en la Unión Europea, repartidas entre 14 Estados miembros, como se ve en la Figura 1. En su conjunto descargan 7.000 m³ de combustible usado al año. Ya se ha tratado el Proyecto de Directiva de la Comisión Europea a fin de fomentar el almacenamiento geológico profundo.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 1: Mapa de las centrales nucleares europeas.

¿Qué se entiende por residuo radiactivo?

Una sustancia radioactiva contiene elementos radiactivos. En función de la cantidad o concentración de los elementos radiactivos, se decidirá si se tiene que proteger o no. Nosotros somos todos radiactivos, pero con un nivel lo suficientemente bajo para que no sea peligroso.

El mismo material se puede considerar residuo o no, en función de cómo lo definamos. Si yo tiro una botella de plástico a la papelera, es basura, pero si pongo la misma botella en un contenedor de reciclado, se entiende que es material a aprovechar. Lo mismo se puede decir del residuo radiactivo.

Ese residuo puede ser sólido, y entonces su gestión se basará en la inmovilización del producto residual. O puede ser gaseoso o líquido, aunque tan sólo hay un par de productos radioactivos bajo esa forma. Se trata de radionucleidos de baja actividad que son diluidos antes de su vertido al medio ambiente como efluentes.

- por ejemplo, el Kriptón 85 (^{85}Kr) como efluente gaseoso,
- o Tritio (^3H) como efluente líquido.

Esos efluentes son neutralizados, filtrados, analizados y muy diluidos, evacuados al mar o al aire. Se vierten al medio ambiente en tan pequeñas diluciones que pasan al entorno natural sin ningún efecto adverso sobre el medio natural o sobre los seres vivos.

Para resumir, cuando hablamos de la gestión de los residuos radiactivos tenemos sólidos que gestionar. Es importante hacerlo notar, porque la ciudadanía tiene miedo a los residuos radiactivos, pero no sabe muy bien de qué se trata. Son sólidos. El conjunto de los residuos radiactivos producidos por la industria nuclear es concentrado e inmovilizado en unidades sólidas de residuos.

Existen 3 tipos de residuos:

- Residuo tipo A, es decir, cualquier tipo de residuo que no contenga tipos o elementos radiactivos de largo período de desintegración o radioactividad.
- Luego tenemos el tipo B que tienen radionucleidos de larga vida, es decir, de más de 31 años: en este caso, tenemos el Estron-

cio 90 (Sr 90) y el Cesio 137 (Cs 137), elementos muy importantes que tienen un período en principio de unos 30 años.

- Y luego tenemos lo más complicado: los residuos de tipo C, que son una mezcla de residuos a largo plazo y con un alto grado de radioactividad. Hablo de mezcla, también de cara al ciudadano de a pie. Se cree que cuanto más larga sea la vida de los radionucleidos, peor son, cuando en realidad es lo contrario: los residuos de vida larga comportan menor radioactividad y si la vida es corta entonces es a la inversa. El peligro que representan los residuos del tipo C es que tenemos una mezcla de elementos muy activos, que, no obstante, desaparecen rápidamente y de algunos pocos elementos de vida más larga que acabarán siendo la mayoría de los elementos radioactivos.

También es importante señalar que hablamos de volúmenes muy reducidos. Veamos el caso de Francia: Per cápita producimos cada año 2.500 kg de residuos industriales, de los cuales 100 kilos son residuos químicos altamente tóxicos: metales pesados y demás. En comparación, la cantidad de residuos radiactivos producida en Francia por persona es relativamente pequeña: menos de 2 kilos de residuos radiactivos por habitante por año. De esos 2 kilos, tan sólo 100 gramos son de media y baja actividad y 10 gramos son de alta actividad. Eso no significa que no sean peligrosos, pero la cantidad es tan pequeña que podemos gestionarlos totalmente, al cien por cien, cosa muy poco habitual en las actividades industriales.

La gestión de los residuos radiactivos

Esos residuos radiactivos no son huérfanos ni están dispersos en el entorno, sino que están constantemente bajo control. En Francia, los residuos de baja o corta actividad (**MAVL y HA**) están totalmente gestionados hasta la eliminación final, todo sujeto a licencia como para cubrir actividades hasta final de siglos sin ningún tipo de problema. Los que tienen larga actividad o media actividad están **confinados, almacenados y bajo vigilancia, en unos almacenes temporales centralizados** y se reprocessan en la Hague. En los ATC no dañan a nadie, pero es una solución provisional.

Por ello, la ley francesa del 28 de junio de 2006 establece una hoja de ruta de cara a la gestión de los residuos radiactivos hasta una solución definitiva.

- Para los residuos **radiactivos de baja y media actividad** está la instalación francesa de almacenamiento de Soulaines, que es muy similar al almacén español de El Cabril. En la foto de la Figura 2 se ven los cubículos donde se inmoviliza el residuo. Una vez se llena un nivel, se cubre de hormigón y se pasa a la siguiente capa. Es una instalación que tiene capacidad para almacenar los residuos de baja y media actividad producidos en Francia durante el resto del siglo, e incluso más, si conseguimos reducir la cantidad de residuos generados, cosa que será necesaria de todos modos.



Fuente: ANDRA.

Figura 2: Almacén de residuos radiactivos de baja y media actividad en Soulaines.

- El almacén de Morvilliers para los **residuos radiactivos de muy baja actividad** es quizá único en el mundo. Ahí se almacena, por ejemplo, granito, que normalmente no se considera residuo. En Francia, aunque no haya esa radioactividad, si proviene de una zona sospechosa, tiene que pasar a este tipo de instalación para que se pueda hacer un seguimiento a lo largo de

todo el ciclo de vida y mas allá. Evidentemente es menos lujoso que las otras instalaciones pero permite una plena trazabilidad del material a lo largo de todo su ciclo.

- Para la **gestión del combustible usado**, hay tres estrategias posibles:
 - Por un lado, la que aprobaron Finlandia y Suecia que consiste en considerar los combustibles usados como residuos. Como tal, pasan definitivamente al almacenamiento geológico cuando esté disponible.
 - Luego tenemos la estrategia de Francia, Japón, Reino Unido, en función de la cual se decide que en el combustible usado hay material y hay residuo, y se opta por el reciclado de lo que entendemos por materiales recuperables y, por otro lado, el residuo final pasa al almacenamiento geológico profundo.
 - Finalmente, hay otros países, incluidos España, que de momento no han tomado una decisión definitiva. Optan por almacenamiento temporal centralizado y luego ya decidirán qué pasa con ese material.

La Figura 3 muestra una tabla que representa un desglose de todos los países que participan en la Plataforma Técnica Europea en la aplicación del almacenamiento geológico profundo.

País	Tipo Residuo	Geología	Construcción	Operación
Alemania	RRAA-C. Usado	Sal	(1985)	2035?
Bélgica	RRAA-C. Usado	Arcilla	2025	2040
España	C. Usado			2050?
Finlandia	C. Usado	Granito	2012	2020
Francia	RRAA	Arcilla	2016	2025
Holanda	RRAA			>2110
Reino Unido	RRAA			2040
Suecia	C. Usado	Granito	2015	2023
Suiza	RRAA-C. Usado	Arcilla	~2040	2050

Fuente: Elaboración propia.

Figura 3: Opciones en Europa para la gestión definitiva del combustible usado.

En Alemania, por ejemplo, se almacena tanto combustible usado (generado en las centrales desde que se tomó la decisión de no reprocesar) como residuos finales de alta actividad. Se ha optado por un depósito en roca salina. El proceso arrancó en el 1985, estaba previsto que el ACP entrase en operación en 2035.

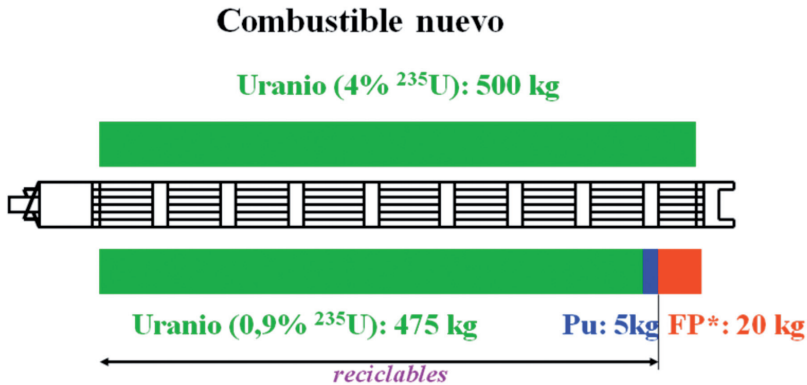
Reprocesar y reciclar el combustible nuclear

El combustible fresco que se introduce actualmente en las centrales occidentales se compone de 100% de Uranio, enriquecido en Uranio-235 (la parte fisil) hasta un 3% pudiendo llegar al 5%. No existe riesgo radiológico significativo antes de la utilización en el reactor. El Uranio tiene sólo toxicidad química.

En el reactor, se produce la reacción de fisión: impactados por un neutrón, los átomos de Uranio 235 fisionan, liberando calor por una parte y más neutrones por otra parte, que van a alimentar la reacción en cadena. El calor es utilizado para calentar agua y producir la electricidad. Pero los átomos de Uranio-238 no fisionan: absorben los neutrones y se van transformando en productos de fisión, pero también en Plutonio, que es un elemento fisil. Eso es importante porque significa que incluso con combustible ordinario de Uranio en las centrales, realmente estamos pasando por una combustión de Plutonio.

Después de unos 3 años en el reactor, la fisión ha consumido buena parte de estos átomos fisiles, y la pérdida sólo se compensa parcialmente por la creación de Plutonio. Por lo tanto, el combustible se va haciendo menos reactivo y se tiene que sustituir por combustible nuevo.

Cuando se saca del reactor, el combustible usado se compone de 95% de Uranio, 1% de Plutonio y 4% de productos de fisión. El Uranio contiene todavía cerca de un 1% de Uranio-235 (0,9%), por encima de la proporción en Uranio-235 del Uranio natural (0,5-0,7%), como se ve en la Figura 4. Uranio y Plutonio, o sea, un 96% del combustible usado son materiales reutilizables. Después de un tiempo de enfriamiento, se pueden reprocesar, es decir, separar de los productos de fisión y reciclar en nuevo combustible. Los productos de fisión se inmovilizan en una matriz de vidrio y confinan en cápsulas soldadas para su almacenamiento definitivo. Los residuos finales, es decir, la parte no utilizable del combustible, son esos productos de fisión vitrificados por una parte y las partes metálicas, cabezales y vainas, que se acondicionan (en hormigón o se compactan), según normas internacionales.

Combustible REP

*FP: productos de fisión (y algunos Actínidos minoritarios)

Fuente: Elaboración propia.

Figura 4: *Composición de un elemento combustible REP.*

Reproceso, tratamiento y reciclaje permiten responder a la doble exigencia del desarrollo sostenible: por un lado, **aprovechar y valorizar los elementos reutilizables** y, por otro, **disminuir el volumen y la toxicidad** de los residuos a almacenar, lo cual es fundamental desde el punto de vista de lo que nos interesa hoy, la gestión a largo plazo de los residuos de alta actividad. La idea es la del principio A.L.A.R.A¹. (As Low As Reasonably Achievable «tan bajo como sea razonablemente posible»).

Ahora bien, el reciclado para las centrales actuales es una opción, pero si hablamos de la cuarta generación de centrales, no puede existir sin reciclado. No habrá cuarta generación si no se recicla, algo a tener en cuenta cuando algunos dicen ¿y por qué no pasa-

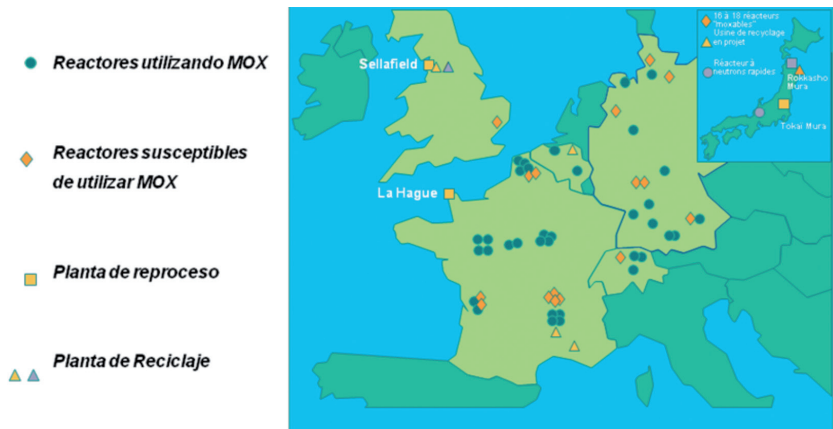
¹ Criterio general que tanto la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) como los organismos reguladores nacionales imponen a los propietarios de las instalaciones nucleares y radiactivas para que controlen los efluentes de las mismas, de forma que se mantengan los niveles de radiactividad tan bajos como sea razonablemente posible.

mos directamente a la cuarta generación? Pues, cuidado: si no tenemos la tecnología no habrá cuarta generación. En efecto, uno de los criterios fundamentales de los sistemas de IV generación es la sostenibilidad, entre otros por un aprovechamiento de los recursos en Uranio. Lo que sólo será posible gracias al reproceso-reciclado de los combustibles usados.

¿Quién ha optado por reciclar el combustible nuclear?

Bélgica, Alemania, Suiza han mandado su combustible a reprocesar y tienen reactores que pueden quemar MOX. La Figura 5 muestra un mapa de Europa con los reactores utilizando MOX y las plantas de reprocesado y reciclado. En el caso de España, el combustible de Vandellós I se reprocesó, porque es un combustible que de todos modos había que reprocesar (porque las varillas de los elementos combustibles del tipo de central de Vandellós se degradan rápidamente en las piscinas de almacenamiento de combustibles usados).

El reciclado en Europa



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5: *Mapa del reciclado en Europa.*

El caso francés

Historia de la gestión de residuos nucleares en Francia

Quisiera dar una idea del por qué pasamos por ese proceso difícil hasta optar por el almacenamiento geológico profundo.

Una gestión a medida para cada residuo

El objetivo siempre ha sido asegurar la gestión de la totalidad de los residuos nucleares de la mejor manera y diseñar almacenes adaptados para cada tipo de ellos.

— Residuos de baja actividad (RBA)

En Francia, como en muchos otros países, antes de 1969, se realizaron dos campañas de inmersión en los océanos, bajo control de la Agencia de Energía Nuclear de la OCDE.

A partir de 1969, se opta por almacenar los residuos radiactivos de baja actividad y se inaugura el primero, en la región de la Manche, próximo a La Hague, en 1969, el segundo en Soulaines (Aube) en 1992 y el almacén de residuos de muy baja actividad de Morvilliers en 2003.

— Residuos de baja-media actividad y alta actividad (RBMA y RRAA)

El combustible usado procedente de las centrales de Grafito-Gas tuvo que ser reprocesado en Marcoule y La Hague y los de reactores de agua ligera se reprocesan desde 1976 en La Hague. El almacenamiento intermedio se realiza *in situ*.

Para el almacenamiento definitivo, Francia lanzó entre 1985 y 1990 las primeras investigaciones para el Almacenamiento Geológico Profundo, en suelos de sal, granito y arcilla. Frente a una fuerte oposición local en los distintos sitios elegidos, llegándose a la violencia en Bresse, en 1990 se decide una moratoria sobre almacenamiento definitivo de los residuos de alta actividad y se inicia la misión Bataille para buscar la aceptación local de los laboratorios profundos. Como resultado, el 30 de diciembre de 1991 se aprueba la **Ley Bataille**, para la

gestión de los residuos radiactivos. Esta ley inicia un período de 15 años de investigación para evaluar las técnicas de gestión de los residuos existentes y futuros, según 3 ejes (transmutación, AGP y ATC). Fija a 2006 la fecha para un nuevo debate público y parlamentario. Otra consecuencia de la ley Bataille es la creación de un **laboratorio subterráneo en Bure** (Meuse) donde los científicos estudian la factibilidad de un almacenamiento de residuos radiactivos a 500 metros bajo tierra, afín de investigar la opción del AGP. Siguiendo lo previsto en la Ley Bataille, en el invierno 2005-2006 se lanza un debate público sobre el tema de la gestión de los residuos de alta actividad. Los resultados de los debates y de las numerosas investigaciones desarrolladas durante los 15 años se recogen en la *Ley para la gestión sostenible de materiales y residuos radiactivos* del 28 de junio de 2006.

Ley para la gestión sostenible de materiales y residuos radiactivos – 28/06/2006

En junio de 2006, el Parlamento aprobó una ley que preveía:

- Reproceso y reciclado del combustible usado.
- Almacenamiento temporal del 4% de residuos restantes seguido de su almacenamiento **reversible** en estratos geológicos profundos, que se tiene que abrir antes del 2025. El emplazamiento se tendrá que elegir asegurando transparencia y participación a todos los niveles mediante un proceso de consultas locales y nacionales.
- Continuar con la investigación y desarrollo en Partición y Transmutación, para la «Generación IV». Con esta tecnología, citada por el Señor Quiñones del CIEMAT en su intervención, se espera poder optimizar lo que se almacena a nivel geológico. No obstante, la ley insiste en que el AGP no podrá ser evitado mediante la transmutación: no va a ser un proceso sustitutivo sino de optimización, por reducir el calor residual. El CEA podría establecer una instalación prototipo en 2020.

La ley establece además unos principios generales para la gestión de los residuos radiactivos en Francia:

- Los productores de residuos asumen todos los gastos.

- No se almacenarán en Francia residuos de terceros países: retorno de los residuos a sus productores.

Transportes a países terceros

El almacenamiento de los residuos extranjeros estaba prohibido desde la ley Bataille de 1991. Los países que optan por servicios de reprocesado y de tratamiento, y mandan sus combustibles usados a La Hogue, se tienen que hacer cargo del material resultante del proceso. Por lo que los residuos finales (4% del combustible usado) deben ser reexpedidos a sus países de origen. Los transportes son parte de la potestad y del imperativo legal al que están sujetos los países por ley, por los acuerdos intergubernamentales que firma Francia con los países miembros de la Unión Europea que optan por el reciclado.

Estos transportes son famosos por los intentos de bloqueos a los que dan lugar en Alemania, como fue el caso en noviembre de 2010, un mes después de que el Gobierno alemán decidiese extender la vida operativa de las centrales nucleares entre 8 y 14 años. Entre 1996 y 2010, se han expedido a Alemania 2.716 contenedores de vidrios (90%) en 11 convoyes (*Castor & TN85*), sin que se haya registrado ningún incidente. Estos transportes se realizan bajo criterios de seguridad de la IAEA: para transportar materias radiactivas hay que cumplir normas muy estrictas establecidas internacionalmente por las autoridades de seguridad.

Areva gestiona 4.000 transportes al año, cumpliendo criterios para seguridad y protección durante todas sus fases

- más de 200 transportes de combustible usado (Francia y Europa) y vitrificados de alta actividad y compactados de baja y media actividad (Europa y Japón),
- más de 300 transportes de residuos de baja actividad,
- más de 50 transportes de combustible MOX (Francia y resto del mundo). A día de hoy, en más de 30 años se han transportado 1.500 toneladas de MOX en el mundo sin que se produjera ningún accidente,

- más de 2.700 transportes dedicados a actividades del ciclo nuclear,
- más de 400 expediciones de componentes pesados,
- cerca de 150 transportes para laboratorios e investigación.

Estos grandes transportes no sólo se hacen en Europa, por tren o carreteras, sino también se han hecho por barco a Asia con plena seguridad. Así se han realizado transportes de bloques de residuos vitrificados a Japón, desde la instalación en la Hogue donde se habían almacenado durante 10 años, hasta un edificio gemelo en la planta de Rokkascho. Es un transporte en seco desde Francia a Japón que se ha hecho varias veces, sin que haya habido ningún incidente.

La gestión de los residuos de alta actividad y del combustible usado en Europa

Propuesta de directiva sobre gestión de los residuos radiactivos y combustible usado

El texto propuesto por la Comisión Europea para la futura Directiva sobre gestión de los residuos radiactivos y combustible usado considera que *«todos los Estados miembros de la UE generan residuos radiactivos, tengan o no tengan programas nucleares, y, por tanto, deben de identificar soluciones y definir programas nacionales para gestionar estos residuos adecuadamente.*

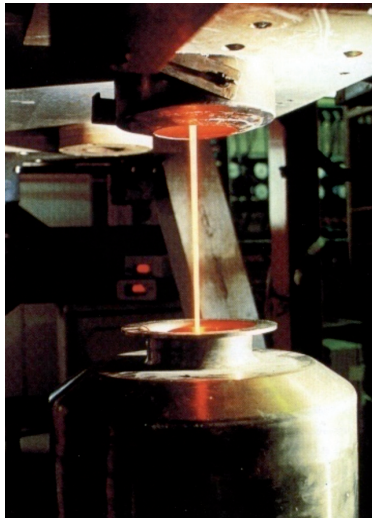
Las condiciones geológicas son muy diferentes. Por tanto, es responsabilidad de cada estado miembro definir las profundidades, de acuerdo con la situación específica de cada emplazamiento. Cada emplazamiento debe ser evaluado de acuerdo con su situación específica.

*Es generalmente aceptado, a nivel técnico, que el **almacén geológico profundo** representa la más segura y sostenible opción como punto final de la gestión de los residuos de alta actividad y el combustible gastado considerado como residuo».*

Acondicionar los residuos de alta actividad a muy largo plazo

El objetivo de la gestión de los residuos es siempre desarrollar tecnologías para asegurar el aislamiento del medio ambiente a largo plazo.

Cuando se recicla el combustible usado, lo que se tienen que almacenar son los residuos finales, que resultan del reprocesado, como ya lo hemos visto. Se acondicionan en unos «universal canister». Estas cápsulas estandarizadas permiten acondicionarlos de manera segura a muy largo plazo y optimizar su gestión. Una vez separados los materiales valorizables, el 4% del combustible usado restante (los productos de fisión), se vitrifican: se inmovilizan en una matriz de vidrio y se cuecen en unas cápsulas de acero inoxidable de 150 litros.



Fuente: AREVA.

Figura 6: Proceso de vitrificación de los productos de fisión.

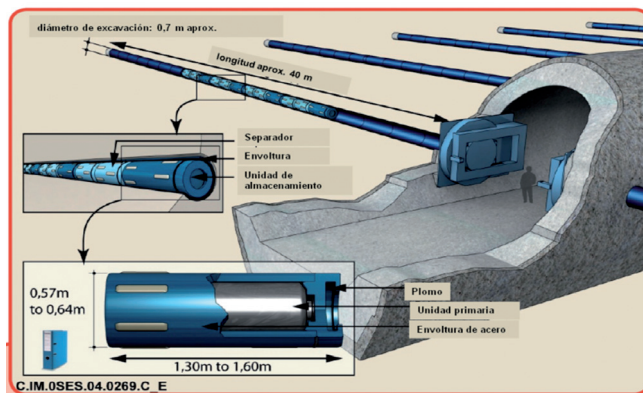
Las cápsulas de vidrio son enfriadas, soldadas, limpiadas y controladas para comprobar que estén exentas de cualquier contaminación. Por otra parte, las partes metálicas del conjunto combustible, se trocean y compactan para su introducción en el mismo tipo de cápsulas. Este acondicionamiento idéntico facilita la logística y la gestión a largo plazo.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 7: «Universal canisters».

Una vez que están acondicionados de esta manera, estas cápsulas se pueden almacenar en el AGP, cuando esté disponible. En la figura se ve el proyecto de AGP del ANDRA, empresa de gestión de los residuos radiactivos francesa, con unos tubos concebidos para acoger los *universal canisters*, en un suelo arcilloso.

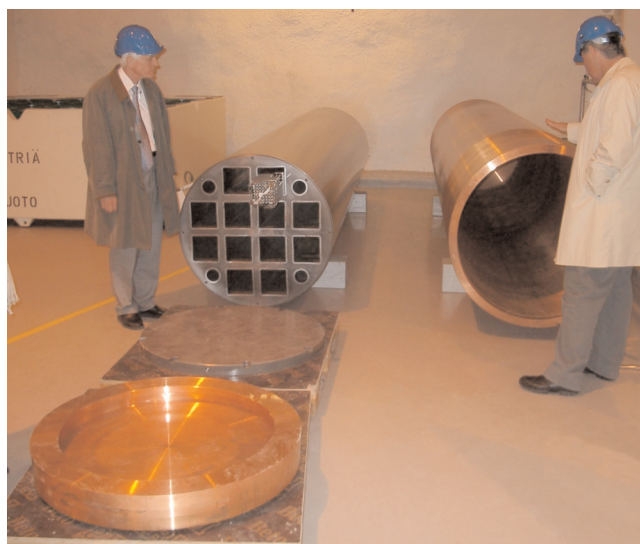


Fuente: ANDRA.

Figura 8: Diseño del almacén francés para residuos de alta actividad en una formación arcillosa.

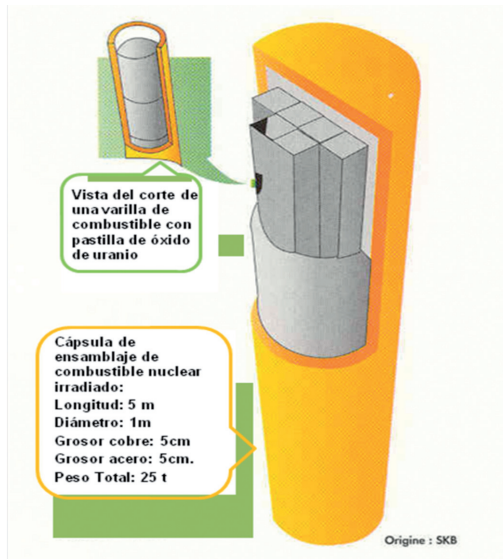
La opción del almacenamiento geológico profundo (AGP) del combustible usado

Aparte del tratamiento, existe otra forma de gestión del combustible usado que es considerarlo como residuo en su totalidad. Es la opción retenida por Finlandia y Suecia, que almacenan directamente el combustible usado acondicionado. Como en el caso de los residuos finales, se trata de acondicionar este material de la forma más segura posible. En estos dos países, hay una única capa geológica que se compone de granito. En un suelo de granito, siempre se encuentran fisuras, provocadas por agua. Este agua, no obstante, es químicamente «reductora» y en un ambiente reductor el cobre es eterno, no presenta ningún riesgo de corrosión. Por lo que Suecia y Finlandia han desarrollado cápsulas de alta seguridad de cobre puro, para envolver el elemento combustible antes de almacenarlo.



Fuente: Elaboración propia.

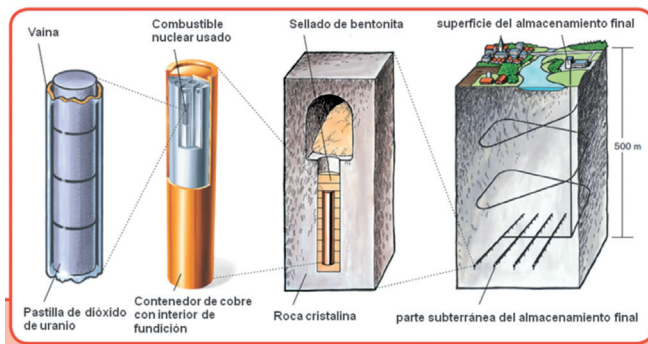
Figura 9: Cápsulas de cobre para almacenamiento del combustible usado en AGP en Suecia.



Fuente: SKB y elaboración propia.

Figuras 10: Cápsulas de cobre para almacenamiento del combustible usado en AGP en Suecia.

Esas cápsulas, de casi 6 centímetros de grosor, tienen la capacidad de aislar los productos radiactivos, y constituyen una barrera duradera entre ellos y el medioambiente.



Fuente: SKB.

Figura 11: Sistema KBS-3 para el almacenamiento de combustible usado en un AGP en roca cristalina en Suecia y Finlandia.

El Parlamento finlandés decidió en 2001 crear un almacenamiento de combustibles usados sobre granito, y Suecia está próxima a una decisión similar.

Los almacenes temporales

Como todavía no hay ningún AGP disponible para almacenar definitivamente los residuos de alta actividad generados por las centrales nucleares, hoy día se almacenan en almacenes temporales, como el Almacén Temporal Centralizado de Habog en Holanda, que se puede ver en la figura 12.

Se trata de una instalación pasiva y modular que puede albergar tanto combustible usado como residuos finales acondicionados en universal canisters, previsto para más de 100 años. Habog servirá de modelo al ATC español.

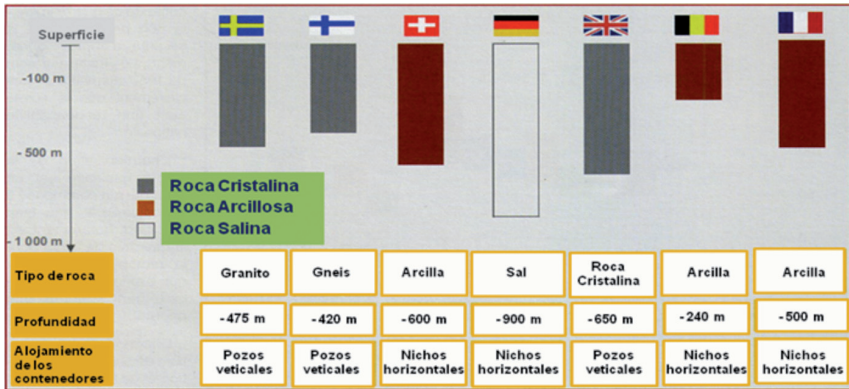


Fuente: Covra.

Figura 12: ATC de Habog.

Proyectos de AGP en el mundo

Ya existen varios laboratorios subterráneos para estudiar *in situ* el diseño y las condiciones de puesta en marcha de un almacenamiento definitivo, en distintos medios, como recoge la Figura 13:



Fuente: Elaboración propia.

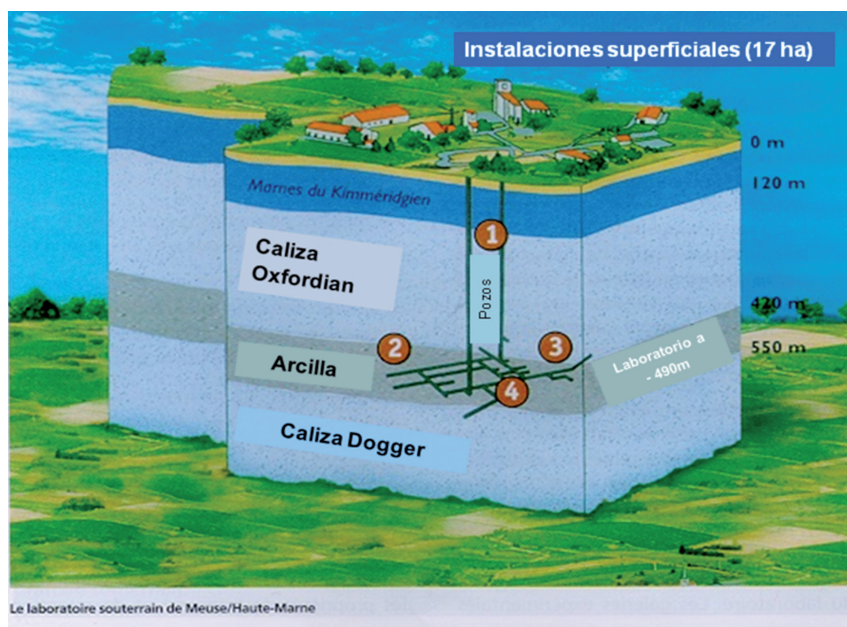
Figura 13: *Proyectos de almacenamiento geológico profundo en Europa.*

- Arcilla – Bélgica, Suiza, Francia.
- Granito – Canadá, Suecia, Suiza.

En la actualidad, existe un único depósito geológico en funcionamiento en el mundo. El WIPP, Waste Isolation Pilot Plant, se encuentra cerca de Carlsbad en Nuevo México (EE.UU.) donde los residuos están sobre un lecho de sal que data del Pérmico. El WIPP sirve desde 1998 para el almacenamiento de residuos radiactivos de origen militar. Para los residuos de las centrales nucleares estadounidenses, se ha barajado desde hace dos décadas la construcción de un AGP en **Yucca Mountain**, en el desierto de Nevada. El Gobernador de Nevada lo vetó y en 2002 el Congreso Americano rompió ese veto y el DEO lanzó el proyecto. Sin embargo, actualmente el procedimiento de autorización está suspendido.

El almacén finlandés de combustibles usados sobre granito está lanzado, en construcción en Onkalo y Suecia ha elegido el sitio donde construirá el suyo, con el mismo método que hemos visto antes.

Francia debe seleccionar un sitio antes de 2015. Se ha dado prioridad a la investigación del emplazamiento de Bure, en una formación arcillosa, que se puede ver en la Figura 14. Se ha implantado un laboratorio subterráneo a unos 500 metros de profundidad, en una capa de arcilla que ha sido estable durante 150 millones de años. La arcilla tiene una capacidad muy grande de confinamiento de los productos radiactivos.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 14. Laboratorio subterráneo de Bure. Francia.

AGP en el ciclo cerrado y ciclo abierto

Independientemente de la estrategia elegida con el combustible usado, el destino de los residuos de alta actividad es el AGP. En el caso del ciclo abierto, se almacena el combustible usado y en el caso del ciclo cerrado, los residuos que se almacenan definitivamente son de dos tipos: los compactados que son residuos de media actividad de vida larga, que no desprenden calor y los productos de fisión en bloques de vidrio, que contienen la totalidad de los residuos de alta actividad. No serán de alta actividad para la eternidad, ya que una de las características de la radiactividad es decrecer.

La diferencia es que en el caso del ciclo abierto, se almacena el combustible usado sin reproceso: no se ha extraído el Plutonio, por lo que dentro de unas decenas de años, ese Plutonio va a ser el más tóxi-

co de los residuos. Al contrario, en el ciclo cerrado, el Plutonio vuelve al ciclo del combustible y sirve para fabricar nuevo combustible. Lo que se envía al depósito final es una proporción muy reducida de residuos de muy larga vida, que además están confinados, como lo hemos visto antes.

En el marco de la I+D en sistemas de 4.^a generación, se investiga si interesa separar también los actínidos menores, Americio y Neptunio, que se vitrifican en la actualidad, para reciclarlos como se hace con el Plutonio. Así se simplificaría el almacenamiento de los residuos en capas geológicas reduciendo aún más su toxicidad, aunque significaría una gestión más compleja y cara. Este proceso de partición-transmutación se encuentra actualmente a nivel de investigación.

¿Cómo podemos saber que almacenar los residuos radiactivos en capas geológicas es una buena idea?

Sabemos que el almacenamiento geológico es seguro porque ya se ha hecho en la naturaleza. Hace unos 1.960 millones de años, en Oklo (Gabón, ver Figura 15), en unos yacimientos de Uranio, el agua subterránea entró en contacto con el Uranio natural que en esa época geológica contenía un 3% de Uranio-235. El agua propició unas reacciones de fisión en cadena de forma natural. Estos «reactores fósiles» funcionaron entre 10.000 y 800.000 años.

En 1972, hemos descubierto estos yacimientos y el estudio de los productos de fisión encerrados en la roca ha permitido constatar que los núcleos pesados, que constituyen la parte más importante de residuos de muy larga vida, habían estado confinados en el mismo sitio donde se habían producido, y durante estos 1.960 millones de años, no se habían movido más que unos centímetros.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 15: *Yacimiento de Uranio de Oklo (Gabón).*

Reversibilidad y posibilidad de recuperación

Los diseños de AGP más recientes están basados en la posibilidad de recuperación de los residuos una vez éstos han sido alojados. La posibilidad de recuperar conlleva unos costes económicos más altos pero permite la «reversibilidad en la toma de decisión» y dejar una mayor flexibilidad de cara al futuro.

MESA REDONDA: LA VISIÓN POLÍTICA

Los textos del siguiente capítulo son transcripciones de las intervenciones en la mesa redonda “La visión política” del seminario «Energía nuclear: La gestión del combustible usado».

Mesa redonda: La visión política

MODERADORA: *(Señora García Linares, Vocal de la J.D. de la Asociación de ex Diputados y ex Senadores de las Cortes Generales)*

Buenas tardes. Llegó el momento de la visión política, con dos diputados, Don Jesús Alique López y Antonio Erías Rey, diputado por el Grupo Popular en el Congreso, doctor en Economía por la universidad de Santiago de Compostela con premio extraordinario de doctorado, catedrático de Economía aplicada. No voy a hacer aquí un relato de su extensísimo currículum, como no lo haré con Jesús Alique, porque lo interesante es lo que nos tienen que contar indudablemente y además muchos de ustedes los conocerán.

Sí me gustaría decir que como representante público D. Antonio Erías ha sido Concejal en el Ayuntamiento de A Coruña y Vicepresidente Primero de la Diputación Provincial de A Coruña.

Jesús Alique es Diputado del Grupo Socialista en el Congreso por Guadalajara, licenciado en Derecho y como representante público ha sido Presidente de la Diputación Provincial de Guadalajara, Alcalde de Guadalajara, miembro del Consejo Federal de la Federación Española de Municipios y Provincias.

Ambos son Portavoces de la Comisión de Industria, Turismo y Comercio. Ambos son vocales de la Subcomisión de Análisis de la Estratégica Energética Española para los próximos 25 años, así como ponentes de la Ponencia encargada de las relaciones en el Consejo de Seguridad Nuclear. Especialmente por eso están aquí, porque indudablemente el tema que nos trae es ciertamente controvertido, sobre todo, entre los profanos, es decir, la mayoría de la población, quizá por falta de conocimiento lo que nos lleva a ese miedo al que ha aludido el Sr. Barré.

Ya a estas alturas todo el mundo sabe que los residuos nucleares no desaparecen por arte de magia, que nos hemos de enfrentar a una realidad sobre la que todos tenemos cierta responsabilidad y hoy más que nunca, yo diría que estamos ante una cuestión de plena actualidad.

Como todo el mundo sabe, se está estudiando la ubicación del próximo ATC, no exento de controversias.

Como la ubicación depende de una decisión política siempre en función de criterios y estudios técnicos, nos gustaría saber el punto de vista de los respectivos partidos políticos que van a estar aquí representados.

Sr. Erías, ¿cree usted que hay un consenso desde el punto de vista político en torno a esta cuestión? y ¿cuál es el punto de vista de su partido respecto a la energía nuclear y a los residuos que genera?

Antonio Erías Rey

Grupo Parlamentario Popular.

Portavoz en la Comisión de Industria, Turismo y Comercio
del Congreso de los Diputados

Buenos días, en primer lugar muchas gracias a los organizadores por tomar, como habitualmente hacen, una iniciativa para poder debatir y entre todos aclararnos un poco más sobre un tema que, como decía ahora Rosario, es controvertido y donde probablemente se necesite mucha información para que la confusión no se extienda a la sociedad de una manera perversa.

En ese sentido creo que es muy oportuno y al mismo tiempo una posibilidad para que todos ustedes puedan comprender mejor determinadas noticias que los titulares a veces no ilustran.

Yo voy a hacer un conjunto de comentarios que tienen que ver con el ATC y la perspectiva que nosotros tenemos como grupo político, pero que, como bien ha dicho la moderadora, hemos venido trabajando a lo largo del último año y medio en una subcomisión para el estudio de la prospectiva hacia 2030 de la energía en España.

En ese sentido, el Almacenamiento Temporal Centralizado, es decir, todo el tratamiento para los combustibles usados de la energía nuclear, nos parece un asunto imprescindible que se desarrolle.

Si defendemos la energía nuclear y desde el Partido Popular defendemos la energía nuclear, al mismo tiempo tenemos que darle una solución al combustible no gastado del todo, en ese proceso y en su utilización.

Además, éste es un asunto que ya viene de años atrás. En el año 87 ya, el Partido Socialista con Felipe González, intentó con poco éxito instalar un Almacenamiento Temporal Centralizado en Castilla y León. Esto no fue posible y este gobierno lleva seis años con el empe-

ño, pienso, de darles solución por una parte a los residuos que están fuera de España, en Francia y en Inglaterra y por otra resolver, a nuestro juicio, de manera más eficiente, porque el ATC, al estar centralizado, nos da la impresión de que es más barato, más fácil de promover y garantizar la seguridad y al mismo tiempo va a tener ventajas para los ocho reactores que tenemos en este momento.

Si tuviéramos que dar una solución individualizada, porque el plazo se agota en el año 2015, entre 2010 y 2015 han de estar todos los residuos que están fuera de vuelta de nuevo aquí en España. Al mismo tiempo, las piscinas de las centrales operativas, tienen una capacidad de utilización limitada, puedo decirles, tengo aquí unos datos, está en torno al 80%.

De hecho, Ascó I y Ascó II están en el 87% y en el 80,4% y en el año 2013 y 2014 se prevé que pueden estar saturadas.

Por lo tanto, es un tema urgente al que hay que darle solución y si defendemos que esta energía ha de tener, junto con las demás energías, una presencia importante en el mix de generación, lógicamente hemos de buscarle una solución a esto.

Es una solución que además está en línea con este planteamiento de que la energía es un “input” básico para poder desarrollar ese estado del bienestar que todos queremos y al mismo tiempo, en estos momentos de crisis como la que padecemos, la energía puede ser una palanca adicional para poder superar esta crisis que estamos padeciendo.

En ese sentido, desde el Partido Popular estamos actuando con esa responsabilidad y con esa coherencia.

Hemos trabajado en esta subcomisión. A nuestro pesar, hemos tenido que abstenernos (en la aprobación de las conclusiones) porque había algunas situaciones que no nos permitían darles el voto favorable, cuando fuimos nosotros quienes promovimos, por eso nos duele mucho más la situación de tener que abstenernos. Pero en todo caso, sí que estamos con la mejor disposición para que el Gobierno pueda llevar a cabo la construcción de esta instalación que consideramos que es básica.

Por un lado, en toda la experiencia que hay en el mundo sobre el mismo tipo de ATC, la seguridad es total. Es decir, no ha habido ningún accidente.

Se podía hablar de que hay algún pequeño inconveniente, pues al estar centralizado se necesita transportar los residuos hasta la zona,

pero para esos residuos ciertamente se toman las medidas suficientes para que no haya ningún tipo de dificultad, aunque no estamos libres de que pueda suceder algo sobre lo que no tenemos el control al cien por cien. Podría darse, pero la verdad es que la probabilidad de que se produzca es muy pequeña.

Por otro lado, el Gobierno debe de cumplir con lo que contemplaba ya el Sexto Programa de Residuos Radiactivos, que el Parlamento aprobó por unanimidad, es decir, el mandato que tiene el Gobierno está respaldado por el Parlamento sin dificultad política de ningún tipo.

¿Qué sucede? El tema es muy problemático, lo decía ahora la presentadora.

Hoy mismo he escuchado en alguna radio (me imagino que tendrá que ver como soporte alguna declaración o alguna noticia en la prensa diaria), que el Gobierno, en lo que queda de legislatura, no iba a fijar el emplazamiento en ese lugar que la Comisión Técnica dictaminó que era el que reunía mejores condiciones, Zarra, pero también hay otro tipo de emplazamientos que podían ser potencialmente destinatarios...

Pero, en todo caso, el Gobierno no iba a tomar la decisión porque esto, parece ser, tiene un importante rechazo y una impopularidad o un llamémosle potencial coste, que no se quiere asumir aunque está todo preparado.

Lo que pasa es que este Gobierno desafortunadamente, y no lo digo por ser miembro del Partido Popular, creo es la percepción que desafortunadamente tiene toda la ciudadanía, nos tiene perplejos. Un día anuncia el Sr. Sebastián que el ATC va a ir a Zarra y al día siguiente en el Consejo de Ministros se paraliza la decisión.

Esto no parece muy normal. Sería mucho más prudente que esperara a que tuviera el ok de todas las instancias que hubiera que consultar, incluso la del Consejo de Ministros, y luego se anunciara.

Anunciarlo antes y de forma precipitada ha generado una controversia tremenda.

Hay una controversia entre las comunidades autónomas, que no son las destinatarias. Los destinatarios son los ayuntamientos.

Si respetamos la autonomía municipal, éste tendría que ser un proceso a llevar a cabo entre el Gobierno que convoca y el ayuntamiento respetivo. Bien entendido que la comunidad autónoma en donde está ese ayuntamiento debería de tener una audiencia para poder expresar aquello que entendiera conveniente.

Al ayuntamiento en donde se instale, no es que le haya tocado la lotería, es que yo creo que es una fuente importante de generación de riqueza, porque una inversión de 700 millones de euros, una renta de 6 millones anuales de euros a partir de que esté construido y un empleo potencial (no sé si es directo, este dato no lo tengo) de 500 personas, me parece que es un dato suficientemente relevante como para tener en cuenta, que la ubicación no ha de ser tan problemática. Parecía que incluso debería rifarse.

Ahora lo que hace falta es decisión política, que el Gobierno, de acuerdo con el ayuntamiento, se decida a que eso tiene que empezar a funcionar antes del año 2015, porque si no, sí que vamos a tener que pagar esos 60.000 €, creo que diarios, por el tema de la ubicación de los residuos que tenemos en Francia y los de Inglaterra, creo que no tienen tanta urgencia, pero en todo caso, éstos también.

Por tanto, a nuestro juicio, a juicio del Partido Popular, el ATC es una instalación necesaria tanto desde un punto de vista estratégico y desde un punto de vista económico, como para completar el ciclo productivo de la presencia de la energía nuclear dentro del mix de producción de eléctrica.

Repito que no tenemos ninguna duda, creemos que si funcionan las cosas con normalidad y el Gobierno toma la decisión, desde el Partido Popular no tendremos ninguna dificultad en apoyar esto.

Lo que sí le genera dificultades al Partido Popular es la incertidumbre en la que nos movemos. Esto de que hoy sí y mañana no. Esto de no actuar en todos los ámbitos de la política energética con menos incertidumbre y dotarle de seguridad a los agentes que formamos y que desarrollamos tareas en eso.

Yo no voy a aportarles mucho más sobre el ATC.

A nosotros el Ministerio en su día y Enresa nos invitaron a visitar Habog. Tengo que decir que estuve allí y, bueno, es una instalación como otra cualquiera dentro de un polígono industrial, en donde había una exposición de escultura, los niños hacían alguna representación de teatro y no había ningún tipo de problema.

Eso que está funcionando en Holanda, Francia, Alemania, EEUU, Rusia, Suiza, no tiene por qué tener ninguna dificultad en España y además creo que es una exigencia el desarrollarlo ya y no seguir con la incertidumbre.

Si es verdad la noticia de hoy (que, repito, puede ser también un rumor) y se aplaza la decisión hasta la próxima legislatura, seguiremos demorando la toma de una decisión urgente de manera injustificada.

Por lo tanto, repito que, por parte del Partido Popular:

- Apoyo al ATC.
- Apoyo a la energía nuclear y en todo caso que se despeje cualquier tipo de incertidumbre.
- Que se haga en cooperación, porque la controversia que hay entre ayuntamientos y comunidades autónomas hay que resolverla sobre la base de cuál es el procedimiento.

El procedimiento fue un concurso entre ayuntamientos, otra cosa es que las comunidades autónomas tengan que decir, evidentemente, y que haya que escucharlas, evidentemente, pero una vez tomada la decisión desde nuestro punto de vista,

- se implemente y se ejecute.

Nada más. Muchas gracias.

Jesús Alique López

Grupo Parlamentario Socialista.

Portavoz en la Comisión de Industria, Turismo y Comercio
del Congreso de los Diputados

Quiero, en primer lugar, felicitar a la asociación un año más (tuvimos la ocasión ya de estar el año pasado) por estos encuentros tan interesantes y el de este año, no sólo interesante sino también vigente, porque es algo de lo que estamos pendiente y de lo que se habla.

Ayer dimos a conocer lo que fue el resultado de un año y medio de trabajo que se cerró el pasado miércoles, que fue el último día que estaba habilitada la subcomisión por parte de la mesa de la cámara para concluir esos trabajos.

Durante un año y medio, hemos tenido ocasión de escuchar a más de 60 personas, profesionales de empresas, responsables de la administración que han pasado por esa subcomisión, que pretendía analizar cuál era la política energética que España tenía que llevar a cabo en los próximos 25 años, teniendo en cuenta cuáles son los problemas de partida.

Saben ustedes que tenemos una fuerte dependencia energética del exterior que es necesario reducir, tenemos unos compromisos internacionales en la lucha contra el cambio climático y tenemos que trabajar en ellos, que nos conllevan también a otras obligaciones de carácter comunitario, como es el caso del objetivo 20/20/20, de introducir energías renovables del ahorro y la eficiencia energética y de disminuir nuestras emisiones de CO₂.

En ese marco internacional, teníamos que analizar, con las aportaciones de todas las personas que han pasado por esa subcomisión, cuáles eran las conclusiones.

Tengo que decir que por primera vez en la historia de la Democracia y del Parlamento, se ha producido un acuerdo histórico, nunca antes se había producido un pacto en energía.

Se aprobó por parte del grupo mayoritario, el Grupo Socialista, el Grupo del Partido Nacionalista Vasco, Grupo de Convergencia i Unió, Grupo Mixto y lamentablemente no contó con la aprobación del Grupo Popular.

Se produce un debate entre los ponentes sobre este asunto.

En la subcomisión, ayer, se trató el tema de la energía nuclear y viene a colación de lo que dice el documento que recoge, como no podría ser de otra manera, que la energía nuclear y la gestión de la energía nuclear en España, es segura.

Es segura porque tenemos un organismo, el Consejo de Seguridad Nuclear, que lo garantiza y lo propicia.

Se habla también en ese documento sobre la energía nuclear que, lógicamente será necesario que participen en el mix energético en la década que media del año 2010 al 2020, porque es razonable, porque hay un ciclo de producción de energía nuclear que son las centrales nucleares que están en este momento operativas, que van a seguir funcionando y para cuando finalice la vida útil de esas centrales nucleares más allá del 2020 todas ellas (menos Garoña que ya se ha tomado una decisión) se acuerda en esa subcomisión, que en la primera década que viene, antes del año 2015, se deberá tomar una decisión sobre el futuro de la energía nuclear, teniendo en cuenta varios aspectos:

- los avances en su caso tecnológicos si los hay o no los hay,
- la seguridad de suministro que es fundamental garantizar,
- los costes energéticos, es decir, la competitividad y, por tanto, ese debate en estos próximos cinco años se tiene que solventar.

En el último aspecto, que habla sobre la energía nuclear, efectivamente la subcomisión lo que hace es volver otra vez a reconsiderar y a afirmar que es necesaria la construcción de un Almacén Temporal Centralizado (ATC), para la gestión de los residuos radiactivos del combustible gastado en las Centrales Nucleares.

La apuesta por la energía nuclear en este país forma parte de una decisión del pasado de hace unos años y en esa decisión que se toma, no se contempla todo el ciclo de la gestión de los residuos nucleares.

Hasta ahora, lo que se ha venido haciendo es construir almacenes temporales individualizados (ATIs).

Yo vengo de una provincia donde hay una central operativa. Me refiero a Guadalajara: Trillo I y otra que está clausurándose en este momento, que tiene residuos radioactivos. En las dos, hay ATIS, almacén temporal individualizado, por lo tanto, solución que se está dando en este momento a su almacenamiento. Pero desde el Partido Socialista y desde todos los grupos políticos allá en el 2004 y con mayor relieve en el año 2006, se tomó la decisión de que la gestión a un medio-largo plazo debería pasar por un ATC, que es lo que desde el grupo socialista y mayoritariamente todos los grupos, creemos que es necesario.

¿Es necesario construir un ATC? Sí. Porque hay residuos radiactivos que tenemos que almacenar en mejores condiciones de seguridad. Sí, porque se van a seguir produciendo residuos radiactivos en esta década y parte de la siguiente y seguramente más allá y sí, porque aunque se cerraran las centrales nucleares con los residuos que se han generado, hay que tratarlos y almacenarlos de manera segura.

Yo, como decía antes el Sr. Erías, también estuve en la misma visita a Habog en Holanda (hace creo dos años) y creo que un ATC no tiene absolutamente ningún problema. Es una instalación perfectamente segura y es el modelo de instalación que ha tomado la empresa ENRESA para su construcción en España.

Evidentemente hasta ahora ningún país tiene una solución definitiva para la gestión de los residuos radiactivos y también tenemos que ser conscientes que no duran 60 o 70 años, que es para lo que está programado el ATC, duran mucho más, miles de años y tenemos que seguir investigando.

También tuvimos ocasión, en ese viaje, de ver que se están haciendo estudios geológicos para almacenar durante más tiempo y de manera más segura esos residuos.

¿Cuál ha sido la posición del Gobierno?

La posición del Gobierno durante estos años ha sido precisamente la de crear una Comisión Interministerial que ha desarrollado unos trabajos, que han traído como consecuencia que el Gobierno de manera transparente y pública haya convocado la oportuna convocatoria.

Ha habido una serie de propuestas por parte de algunos ayuntamientos de España y después ha tenido lugar la fase de información

pública donde cada uno ha podido alegar lo que considera conveniente, no sólo los ciudadanos sino también las instituciones.

Desde el Parlamento en este tiempo ha habido alguna Resolución (en concreto una que es mayoritaria por el resto de los grupos políticos) y es que tiene que haber el oportuno consenso político y social para su instalación.

Yo no tengo la menor duda de que el Gobierno lo va a resolver con el mayor consenso político y social, más allá de los problemas que por el camino uno se va encontrando, lo cual también en algún momento debería de servir para hacer una reflexión y es que si construir un ATC genera un problema social, no hemos abierto todavía el melón sobre ¿qué problema social podría generarse, de construir una nueva central nuclear de fisión?

Creo que, entre todos, deberíamos contribuir de manera pedagógica para decir que este tipo de instalación, el ATC, es una instalación segura, para que la gente no tenga problemas, porque a veces hay determinada confusión.

He dicho, lo digo así muy coloquial, creo que está ganando más la palabra negativa cementerio, que la palabra a la que se refería antes mi compañero Erías, positiva oportunidad, como ese parque científico y tecnológico que va unido a la instalación del ATC.

Bueno, por tanto, nuestra posición es clara. Es la misma que la que tiene el Gobierno.

Es necesario construir un ATC para la gestión de los residuos que ya se han producido y que tenemos algunos en Francia (que tendrán que volver a España), para aquellos que están en un ATI en este momento y para los que se produzcan en el futuro por parte de las centrales nucleares.

Espero con ese consenso político, social y territorial, más pronto que tarde y espero que, muy pronto, se pueda tomar esa decisión por parte del Gobierno y podamos resolver por lo menos a medio plazo el problema de los residuos.

Habrà que seguir investigando para buscar una solución mejor a futuro (que es la finalidad de ese centro tecnológico) con la esperanza de que igual que en las energías renovables, la tecnología conducirá a que podamos producir más y mejor, podamos almacenar la energía renovable a un coste más razonable y que la energía de fusión también sea una solución a medio plazo que resuelva otros problemas sociales que tiene seguramente la energía nuclear de fisión actual.

CLAUSURA

Los textos del siguiente capítulo son transcripciones de las intervenciones en la clausura del seminario “Energía nuclear: La gestión del combustible usado”.

Carlos Robles Piquer

Vicepresidente de la Asociación de ex Diputados y ex Senadores
de las Cortes Generales

Señoras y señores, queridos amigos y compañeros de este seminario. Me toca decir unas brevísimas palabras en nombre de la asociación de ex Diputados y ex Senadores de las Cortes Generales y en nombre, sobre todo, de nuestro presidente Don León Buy que por motivo transitorio de salud no ha podido acompañarnos.

Quiero expresar la satisfacción que tenemos ante el éxito de una reunión que ha convocado tanta gente, tan distinguida y tan conocedora de los temas que aquí hemos ido tratando y que confirma la validez de estos varios seminarios que hemos organizado, que ha organizado particularmente nuestro secretario general que es un trabajador infatigable.

Gracias a esto y a la colaboración de quienes han querido contribuir y patrocinar seminarios, como, por ejemplo, en este caso, la Universidad Pontificia de Comillas y el Instituto de la Ingeniería de España, hemos podido realmente, a lo largo de estos últimos meses, asomarnos con un espíritu de la serenidad que da el hecho de no participar ya activamente en la vida política, de no estar activamente en el Parlamento, para ver algunos problemas importantes que, no por casualidad ciertamente, en gran medida tienen que ver con la energía.

Hemos examinado, por ejemplo, cuestiones relacionadas con la ingeniería de minas y con otros tipos de actividades que siempre tienen una cierta vinculación mayor o menor con el mundo energético. Es sin duda prueba de esto, sobre todo, el seminario de hoy, porque estamos examinando un tema candente. Un tema como es el que afecta a la energía nuclear, materia siempre polémica en la que por fortuna creo

yo que se han producido evoluciones importantes hacia el buen sentido, que han ido rechazando posiciones muy radicales que se manifestaron, por ejemplo, en lo que se llamó el «parón nuclear». Creo que en ese sentido se ha producido una aproximación, entre las grandes fuerzas políticas y sociales de España, y eso me parece, creo que nos parece a todos, que es saludable, razonable y deseable que se mantenga, se mejore y se alcance también una mayor cohesión en decisiones ya relativamente menores comparativamente, como la que acabamos de escuchar, un debate importante sobre ella, el depósito temporal de los residuos nucleares.

Bien, para no alargarme más, yo con esto les doy a ustedes las gracias y no ya la bienvenida que por una razón circunstancial no pude hacerlo esta mañana, pero sí el reconocimiento por el esfuerzo que significa estar hoy aquí trabajando en un tema tan importante.

Ésta es la ceremonia de clausura y en ella me toca dar la palabra a la Señora Presidenta del Consejo de Seguridad Nuclear, Carmen Martínez Ten.

Carmen Martínez Ten

Presidenta del Consejo de Seguridad Nuclear

Señoras y señores. Buenos días a todos.

Quiero agradecer, en primer lugar, a la Asociación de ex Diputados y ex Senadores su invitación para participar en esta clausura. Pero querría agradecerles también el hecho mismo de haber promovido esta jornada.

Y lo digo porque esta asociación es muy sensible a los temas que tienen relevancia social y practica un debate abierto sobre los temas que ocupan y preocupan en nuestro país.

Recuerdo que ya en 2005, la Asociación promovió la realización de una jornada para hablar de los residuos nucleares en Europa.

Y es que se trata, como ustedes saben, de un debate recurrente tanto a nivel nacional como internacional, que necesita ser tratado en profundidad y con realismo.

Como presidenta del organismo regulador español para los temas nucleares y radiológicos, me van a permitir que hable sobre la gestión del combustible gastado, en términos de responsabilidad y seguridad.

España es el quinto productor de energía nuclear en Europa y el porcentaje que significa esta energía en la producción eléctrica de nuestro país supone alrededor de un 18%.

Los residuos que genera este tipo de energía, deben ser gestionados de la forma más racional y segura posible.

Con este marco voy a hablarles de regulación, y voy a intentar llevar el debate sobre la gestión del combustible gastado, más allá de nuestras fronteras.

Concretamente al ámbito de la Unión Europea, y a la propuesta de normativa que está preparando la Comisión, que resalta la importancia de dar una respuesta armonizada a la gestión de los residuos.

La Comisión Europea, hace escasamente 3 semanas, ha hecho pública una propuesta, y recalco la palabra propuesta, de Directiva relativa a la seguridad de la gestión del combustible nuclear gastado y los residuos radiactivos.

Dicha Directiva, una vez que sea aprobada, establecerá un marco legal a nivel de todos los países de la Unión.

A nivel internacional, no hay un vacío normativo respecto a esta cuestión.

Existen, de hecho, normas de seguridad elaboradas por el Organismo Internacional de la Energía Atómica pero que, a diferencia de las Directivas, no son jurídicamente vinculantes y, por lo tanto, su incorporación a la legislación nacional es voluntaria.

En este sentido, el acuerdo internacional más significativo, es la Convención Conjunta sobre seguridad en la gestión del combustible gastado y los residuos radiactivos que España ha ratificado.

Los aspectos estratégicos más importantes puestos de manifiesto en el proceso de revisión de la Convención Conjunta, han sido los siguientes:

- Es necesario disponer de estrategias y políticas nacionales para la gestión de los residuos radiactivos y las actividades de desmantelamiento de instalaciones nucleares, así como de un marco legal y regulador.
- Hay que contar con sistemas de financiación que doten de recursos suficientes la ejecución presente y futura de los planes de gestión de residuos radiactivos, combustible gastado y desmantelamiento de instalaciones.
- Tenemos que fomentar la cooperación internacional para tender a un marco global armonizado en el que se compartan las mejores prácticas.
- Debemos tener en cuenta la transparencia y la participación del público en el proceso regulador y en particular en la selección de emplazamientos para instalaciones de almacenamiento.
- Y debemos prestar atención a la gestión del conocimiento y las necesidades de personal cualificado en el campo nuclear y, en particular, en materia de gestión de residuos y combustible gastado.

Por lo tanto, más allá de nuestras fronteras, podemos decir que la cuestión de la gestión del combustible gastado y los residuos radiactivos se ha puesto definitivamente encima de la mesa.

La Unión Europea ha tomado ya la iniciativa. Y lo hace aludiendo a una serie de razones que quiero resaltar.

En primer lugar, porque todos los Estados miembros producimos residuos radiactivos.

Estos residuos son generados en la producción de electricidad a través de las centrales nucleares, pero también proceden de una amplia gama de aplicaciones en la medicina, en la industria, en la agricultura y en la investigación.

Les pongo el ejemplo de nuestro país: en España disponemos de 31.862 instalaciones radiactivas distribuidas en esos campos, aparte de los 8 reactores que están actualmente en funcionamiento.

Otro de los argumentos adoptados por la Comisión Europea es que el 85% del volumen de residuos radiactivos que se generan en la Unión corresponden a residuos de baja y media actividad y vida corta. Y un 5%, aproximadamente, son residuos de media y baja actividad y vida larga. Y algo menos de un 10% son residuos de alta actividad.

Por lo tanto, sea cual sea el futuro de las instalaciones nucleares, la necesidad de dar un tratamiento seguro a los residuos actuales ya existe.

Además, si me lo permiten, es una decisión que tiene que ver con la responsabilidad. Y en esa línea, también se está argumentando. No podemos ni debemos dejar esta cuestión a las generaciones futuras.

Nuestro país ya tomó una decisión acertada en relación con los residuos de baja y media actividad, construyendo la instalación de El Cabril. Y disponemos, como ustedes saben, de la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos, ENRESA, que acaba de celebrar su 25 aniversario.

Por otro lado, contamos con planes nacionales de gestión y en la actualidad estamos desarrollando el séptimo de estos Planes Nacionales. Ahora hay que dar el siguiente paso, para gestionar los residuos de alta actividad provenientes de las centrales nucleares.

Nuestro país parte, por lo tanto, de una buena situación para transponer la futura Directiva a nuestra normativa. Y así lo pienso por cuatro razones:

- Primero, porque disponemos de una estructura reguladora robusta, con clara definición de las funciones de las diferentes autoridades competentes, lo que ha sido avalado por los resultados de la Misión IRRS que España recibió a principios de 2008.
- Segundo, porque contamos con estrategias y políticas nacionales definidas y revisadas periódicamente, dotadas con un sistema financiero suficiente.
- Tercera razón, porque tenemos personal altamente cualificado tanto en el ámbito regulador como en el del operador y/o los titulares de las instalaciones.
- Y, por último, pero no por ello menos importante, porque participamos amplia y proactivamente en numerosas actividades internacionales de cooperación y asistencia, tanto en la esfera reguladora como en la técnica.

En este sentido, el Consejo de Seguridad Nuclear, en calidad de miembro del Grupo Europeo de Reguladores de la Seguridad Nuclear conocido como ENSREG, ha contribuido a la realización de la propuesta de Directiva que se ha presentado.

Todo ello nos permite afrontar el futuro con optimismo, con responsabilidad y con confianza para velar por la seguridad y por la protección de la población, cualquiera que sea el escenario de evolución en el uso de la energía nuclear en nuestro país.

Como he dicho al principio, estoy segura de que habrán hablado a lo largo de la mañana de las distintas opciones para gestionar el combustible gastado.

Las incertidumbres planteadas se centran principalmente en el modelo de ciclo abierto o cerrado y en el Almacenamiento Geológico Profundo. Ambos asuntos son de tal entidad, por sus implicaciones científicas, tecnológicas, económicas, de seguridad y de equidad intergeneracional que no es imaginable acometerlos fuera del marco de cooperación internacional.

La estrategia a medio plazo (hasta que se defina una estrategia definitiva) planteada por el Plan Nacional de Residuos y recomendada en varias ocasiones por el Congreso de los Diputados, se centra, como saben, en la construcción de un Almacén Temporal Centralizado.

Pues bien, señoras y señores, creo que a esas recomendaciones debemos atenernos. Porque nuestro país no puede vivir ajeno al hecho de que dispone de 6 centrales nucleares y 8 reactores para generación de energía eléctrica. Y es que, independientemente de la opinión que se tenga sobre la energía nuclear, esta energía es importante en nuestro país, es una realidad que hay que gestionar por ética y por responsabilidad social.

Como saben ustedes, existen ya almacenes de alta actividad en Trillo y Zorita, en Guadalajara, y en Vandellós, en Tarragona. Y el Consejo acaba de recibir la solicitud de licencia para construir otro almacén debido a la saturación de las piscinas de combustible de Ascó, también en Tarragona. A todo ello hay que añadirle que el desmantelamiento de Garoña implicará la construcción de otro nuevo depósito para vaciar de combustible la central y poder desmantelarla.

En síntesis: nuestro país ya cuenta con la experiencia, con los recursos y con la tecnología necesaria para construir un almacén único.

En este sentido, no puedo sino sumarme a las resoluciones que el Congreso ha emitido en diferentes ocasiones y reiterar que estas resoluciones son una muestra de responsabilidad con nosotros mismos y con las generaciones futuras.

Nuestro país ha hecho bien los deberes en el pasado. Y debemos ser capaces de seguir transitando por ese camino, mirando al futuro con vocación de consenso y teniendo por norte el que marca la brújula de la racionalidad. Estoy convencida de que, entre todos, haremos bien el trabajo que nos ha encomendado la sociedad.

Muchas gracias.

Cayetano López Martínez

Director General, CIEMAT

Muchas gracias a la Asociación de ex Diputados y ex Senadores que me da la oportunidad de decir unas palabras sobre la gestión del combustible usado.

Si se examina la estructura del suministro energético actual en el mundo, y en España, se observa que está llena de debilidades; esa estructura, el llamado mix energético, es claramente insostenible. Si se examina la localización territorial de las materias primas energéticas, o las garantías que puede haber de suministro para el futuro, teniendo en cuenta la localización junto con las reservas disponibles, si se examina las posibilidades del cambio del precio de la energía a medio y largo plazo y, finalmente, las consecuencias medioambientales que tiene el uso de esas fuentes de energía que actualmente estamos utilizando, se llega desde todos esos puntos de vista, a conclusiones convergentes, coincidentes. La conclusión más importante, a mi juicio, se puede sintetizar en una frase muy sencilla: para el futuro, tenemos que disminuir, en la medida de lo posible, nuestra dependencia de los combustibles fósiles y aumentar la contribución de otras fuentes de energía que no sean los combustibles fósiles. Ésa es la idea fuerza que debe orientarnos para el futuro. El cambio será lento porque hacer transformaciones en una cosa tan esencial como es el suministro energético en una sociedad global, es muy complicado, pero el cambio debe ir en esa dirección.

Ahora bien, si se hace abstracción de los combustibles fósiles, ¿qué queda? Pues quedan las energías renovables, de la cual la única que se ha desarrollado bastante es la hidroeléctrica, pero la energía solar y la eólica y otras están en una fase muy incipiente todavía, y tienen pro-

blemas de intermitencia y de coste. Y después de las renovables, la nuclear, de fusión o de fisión. No hay otras. Hay muchos visionarios que hablan de otras cosas, siempre milagrosas, ilimitadas, baratas y no contaminantes, pero sin ningún fundamento científico. Yo, cada día, recibo propuestas de utilizar la energía oscura del universo, la energía libre del vacío, la rotación de la Tierra, cosas sin sentido, pero si uno se atiene a los hechos científicos reales, aparte de los combustibles fósiles, sólo quedan renovables y nuclear, por lo que hay que aumentar el porcentaje de renovables y nuclear. Nuclear también.

Puede que en algún momento de la historia de la humanidad, no sé cuándo, dentro de siglos o quizás milenios, la humanidad solamente utilice renovables para satisfacer sus necesidades energéticas. Quizás cuando se agoten todos los combustibles fósiles, el uranio, el torio, el litio para la fusión, etc. Pero durante muchísimo tiempo, estoy convencido que la energía nuclear tiene que ser parte de ese suministro energético para subvenir a las necesidades energéticas de la sociedad. Así que no solamente, como a veces se dice, la energía nuclear es algo del pasado, es verdad que tiene ya como industria madura unos 40 o 50 años, también es presente; hoy en España el 18% de la electricidad procede de la energía nuclear. Y es futuro, porque en el futuro, insisto, vamos a tener que orientarnos hacia una disminución de los combustibles fósiles y, por lo tanto, hacia un aumento de las otras energías, entre ellas la nuclear. Y si algún día llegamos a dominar, como yo creo que dominaremos, los reactores llamados de cuarta generación, la tecnología de los reactores rápidos, o una parte importante de la cuarta generación, ese futuro será muy largo porque entonces las reservas de Uranio, eventualmente, se multiplicarán por un factor muy elevado respecto a la tecnología actual.

Ahora bien, sobre la energía nuclear es muy difícil mantener un debate racional, en términos de sentido común; es difícil. El debate tiene siempre un contenido muy emocional y, por lo tanto, no es fácil hablar en los términos en los que yo estoy hablando aquí o en los que, seguramente, se ha estado hablando a lo largo de la mañana. Es muy difícil que las discusiones sobre lo nuclear se sometan a las normas que son de uso común en otros campos del debate público. Por ejemplo, las falsedades, las exageraciones y las extrapolaciones totalmente indebidas, que serían imposibles en otros campos, son aceptadas cuando se habla sobre la energía nuclear.

Dentro de la cierta racionalidad que yo quiero mantener aquí, hay que reconocer que una de las dificultades objetivas que plantea el uso de la energía nuclear es la generación de residuos, quizás es la dificultad mayor, la más prominente. En otra época, quizás, era la seguridad lo que primaba en la reticencia acerca de la energía nuclear, pero me parece que, después de una experiencia que, en general, ha demostrado ser exitosa en temas de seguridad, después de que los países, sobre todo, los países avanzados, nos hayamos dotado de sistemas de supervisión en temas de seguridad, como el Consejo de Seguridad Nuclear, creo que el problema que suscita mayores emociones y mayores resistencias en la opinión pública, y en la opinión informada también, es la generación de residuos. Podemos recordar los sucesos con el transporte del tren con residuos desde La Hague a Gorleben, en Alemania, para darnos cuenta de cómo, para revindicar, para poner de manifiesto la inseguridad de algo, se acometen acciones que lo que hacen es aumentar la inseguridad. Eso es lo que muchas veces ocurre en este terreno.

Los residuos son una realidad compleja de gestionar, pero se pueden gestionar. No hay nada telúrico o sobrenatural en los residuos, son materiales que tienen dificultades en su tratamiento y manejo, pero son tratables y gestionables. En esta jornada me imagino que habrán oído a personas que conocen bien el problema y que pueden ayudar a que la gestión y el tratamiento de los residuos en nuestro país se hagan de un modo seguro y eficiente. Hay técnicos perfectamente capaces y cualificados en muchas Universidades, en Centros de Investigación como el CIEMAT, en el Consejo de Seguridad Nuclear y en ENRESA, que es la empresa que nació en los años ochenta justamente para hacerse cargo de última fase de la gestión del combustible nuclear.

Una parte de los residuos es de baja y media actividad, y la instalación de “El Cabril” es ejemplar para almacenar este tipo de residuos. Creo que ENRESA puede sentirse orgullosa del modo que se tratan allí los residuos de media y baja actividad, y un depósito como “El Cabril” es la solución más adecuada y óptima para estos residuos. Cosa distinta son los residuos de alta actividad que, como todo el mundo sabe, se mantienen activos durante períodos de tiempo que se cuentan en miles de años. Quizás una solución apropiada e interesante, que no es la definitiva pero estaría muy cerca de ser la definitiva, se encuentra en las tecnologías de separación y transmutación para transformar la mayor parte de estos residuos en otros que no sean radiactivos o que tengan

una vida media más corta, o una toxicidad menor, con lo cual, por lo menos una parte muy importante del volumen de los residuos de alta actividad que ahora se producen podrían eliminarse. Y no es lo mismo tratar mil metros cúbicos que un metro cúbico o diez metros cúbicos de un cierto material, así que hay que avanzar en estas tecnologías de separación y transmutación hasta dominarlas y estar en condiciones de aplicarlas. En Europa hay un claro movimiento para desarrollar este tipo de técnicas y yo espero que España esté entre los países involucrados en su desarrollo. El CIEMAT lo intentará, y, de hecho, está intentado participar en todos los programas europeos que tienen como finalidad estas tecnologías de tratamiento de los residuos de alta actividad y dispone para ello de conocimientos y recursos personales suficientes.

Esto llegará en algún momento pero a más corto plazo hay que gestionar estos residuos y el ATC, el Almacenamiento Temporal Centralizado, es una solución adecuada. No es un invento ni una ocurrencia de nuestros políticos o de nuestros técnicos; es una solución ensayada con éxito en otros países, una solución segura y eficaz que permite mantener custodiados y en seguridad los residuos de alta actividad en seco, en superficie, accesibles durante mucho tiempo. Es compatible con el Almacenamiento Geológico Profundo, cuando ya estemos en la situación de aceptar que queda un residuo de toxicidad irreversible y no merece la pena mantenerlos accesibles. Pero un ATC permite mantener la accesibilidad de esos residuos para el caso en que consigamos dominar las tecnologías de transmutación.

Es un problema que está encauzado en nuestro país, aunque ya hemos visto que la solución definitiva a ese proceso de selección y de comienzo de construcción del ATC tiene algunas dificultades, pero está encauzado y, desde luego, yo no ignoro las enormes dificultades políticas y de aceptación social a las que se enfrenta. Hace unos momentos, el alcalde de Yebra ha puesto de manifiesto las contradicciones que se dan entre los políticos, pero yo diría que no sólo entre los políticos, también en la población. La sociedad también es contradictoria en los asuntos energéticos, particularmente los relacionados con la energía nuclear. Probablemente encontremos a muchas personas que estén de acuerdo en que una solución de tipo ATC es perfectamente necesaria, óptima y sin problemas graves de seguridad. Pero seguramente se opondrían, a lo mejor de forma muy agresiva, a que estuviera en su municipio o a menos de una cierta distancia de su municipio. Estas

contradicciones existen, no ignoro las dificultades para culminar este proceso, pero tiene que culminar porque incluso los que se oponen desde distintos puntos de vista a la construcción del ATC, incluso ellos, están convencidos de que es más seguro que mantener los residuos dispersos en las siete localizaciones en las que están ahora. Así que hay que enfrentar este problema y, teniendo en cuenta que su solución va a afectar a este Gobierno, al siguiente y al que venga después del siguiente, me parece que sería muy interesante que hubiera un consenso al respecto. Un consenso imprescindible porque es algo a lo que necesariamente se van a enfrentar distintos Gobiernos, de distintos colores políticos.

Seguramente, sin la existencia de los residuos radiactivos, no estaríamos hablando de la energía nuclear en los términos en los que estamos hablando ahora, ni se hablaría de la energía nuclear como se habla normalmente en los ambientes no especializados, pero existen, desgraciadamente existen, son un efecto secundario de una fuente de energía que, por lo demás, es extremadamente eficiente en términos de volumen de materia prima utilizada en función de la energía que se produce. Ya se han generado, y, por lo tanto, hay que gestionarlos, y seguirán generándose, así que más vale enfrentarse a este problema que, por cierto, no es más complicado que otros problemas a los que se ha enfrentado y ha resuelto la humanidad. Mirando hacia el futuro, tengo ahora mismo en la cabeza un problema al que se tiene que enfrentar la humanidad que me parece, de lejos, mucho más complicado que el de los residuos radiactivos, me refiero al calentamiento global y al potencial cambio climático. Éste sí es un problema de dimensiones sin precedentes.

Estoy seguro de que la jornada les habrá ayudado a mejor entender la dificultad del problema y las posibles alternativas a la gestión del combustible usado.

Muchas gracias.

