

FUNDACION  
1º DE MAYO



# documentos de trabajo

DOC 2/1997

EL AMPLIFICADOR DE ENERGÍA DE RUBBIA :  
DEBATE SOBRE UN NUEVO TIPO DE  
REACTOR NUCLEAR

Alicia Durán

**DOC 2/1997**

**EL AMPLIFICADOR DE ENERGÍA DE RUBBIA  
: DEBATE SOBRE UN NUEVO TIPO DE  
REACTOR NUCLEAR**

Alicia Durán

Los documentos de Trabajo de la Fundación 1º de Mayo expresan estrictamente las ideas y opiniones de sus autores. La Fundación 1º de Mayo no se identifica necesariamente con ellas.

## **EL AMPLIFICADOR DE ENERGIA DE RUBBIA: DEBATE SOBRE UN NUEVO TIPO DE REACTOR NUCLEAR**

**Alicia Durán**

En el comienzo fue una idea: inducir el proceso de fisión nuclear utilizando un acelerador de partículas y producir energía con pocos residuos y altos niveles de seguridad. Así describe Carlo Rubbia, premio Nobel de Física en 1984 y director del CERN entre 1989 y 1994, el inicio del proyecto energético por él bautizado como **AMPLIFICADOR DE ENERGÍA**. Desde aquella idea, alumbrada en 1992, ha corrido mucha agua bajo los puentes de todas las ciudades que Rubbia ha recorrido, defendiendo su proyecto y proponiendo la construcción de un prototipo que confirme la bondad de la idea original, que tiene el indiscutible atractivo de todas las ideas simples.

Tras un largo camino, que incluye la simulación del proceso y algunos experimentos para confirmar parte de los cálculos, el equipo de Rubbia ha pasado de la idea al diseño conceptual de una planta, y la propuesta de construcción del prototipo ha recalado en Aragón. La Diputación General de Aragón (DGA), la cátedra de Física de la Universidad de Zaragoza y la Confederación de Empresarios de Aragón han respaldado un proyecto de demostración del reactor. La sociedad impulsora, que nace con un capital de 200 MPta (para un proyecto inicialmente calculado en 20.000 MPta) y en la que no participa ninguna compañía eléctrica, estará abierta a la incorporación de nuevas empresas.

La construcción del prototipo de reactor ha suscitado una polémica intensa que ha afectado al mundo científico, sindical, ecologista y empresarial, al Parlamento y a la sociedad aragonesa. Y es que la apuesta por un nuevo tipo de reactor nuclear es más que un problema tecnológico, ya que implica decisiones sobre la orientación de la I+D, sobre el modelo energético, sobre la asignación y el empleo de los recursos públicos. Estas son razones suficientes para abrir un debate sobre el proyecto.

El objeto de este documento es presentar los conceptos básicos del reactor propuesto por Rubbia, y analizar sus posibles ventajas e inconvenientes a la luz de una serie de informes emitidos por distintos organismos (EURATOM, CIEMAT, WISE) y artículos técnicos publicados sobre el tema. Todavía más importante nos parece avanzar en la discusión de las opciones de política energética que implica este tipo de reactor. No pretendemos realizar una evaluación de la viabilidad técnica del proyecto, sino discutir su papel en el marco de un modelo energético alternativo, basado en el desarrollo de las energías renovables y en el ahorro energético.

Aunque la tecnología y la ingeniería fueran accesibles, aunque **pudiera hacerse**, pretendemos discutir si **debería hacerse**.

## ¿En qué consiste el proyecto del Amplificador de Energía?

El proyecto de Amplificador de Energía (AE) consiste en un reactor que produce energía por fisión, pero que, a diferencia de los reactores nucleares convencionales, necesita de la aportación externa de partículas cargadas y de alta energía producidas por un acelerador de protones (ciclotrón). Sería por tanto un reactor nuclear, aunque con diferencias sustanciales respecto a los convencionales.

Una característica distintiva de este reactor es que utiliza como combustible  $\text{Th}^{232}$  en lugar de  $\text{U}^{238}$ . El  $\text{Th}^{232}$  es un isótopo radiactivo del torio, que se encuentra en la naturaleza. Este isótopo no es fisible y por tanto no puede ser utilizado directamente como combustible nuclear. Sin embargo, es *fértil*, o sea, al atrapar un neutrón se convierte en  $\text{U}^{233}$ , que sí es fisible. Por tanto, la reacción productora de energía del reactor AE es la fisión del  $\text{U}^{233}$ .

En un reactor rápido la reacción de fisión se produce a partir del  $\text{Pu}^{239}$ , isótopo fisible creado por captura de un neutrón por el  $\text{U}^{238}$  usado como combustible. ¿Cuál es la diferencia entre ambos reactores? Mientras los reactores rápidos convencionales actúan en condiciones supercríticas, el reactor propuesto por Rubbia trabaja en condiciones sub-críticas.

La fisión es una reacción mediante la cual un átomo, como consecuencia de una colisión, se separa en dos o más partes y libera dos o tres neutrones muy energéticos. Estos neutrones interactúan con otros átomos reproduciendo el fenómeno y dando lugar a más neutrones, que pueden inducir otras fisiones: el resultado es una reacción en cadena (condiciones supercríticas). Si los neutrones no son absorbidos o desacelerados el resultado es una explosión nuclear. En cambio, si el material fisible no está suficientemente concentrado, los neutrones producidos en la fisión son capturados por átomos no fisionables y no pueden mantener la reacción nuclear: el reactor funciona en condiciones sub-críticas.

El Amplificador de Energía de Rubbia propone un reactor donde el núcleo de material fisible no sea crítico. Las reacciones de fisión deberían alimentarse continuamente con una fuente externa de protones de alta energía: un acelerador de partículas o ciclotrón.

El acelerador de partículas del proyecto consta de tres partes: un preinyector de protones -generalmente núcleos de átomos de hidrógeno-, con una energía media de 10 MeV, y dos sistemas consecutivos de aceleración por campos magnéticos; en el primero los protones adquieren una energía de hasta 120 MeV, alcanzando 1 GeV ( $10^9$  eV  $\gg$  7 MW) en el último tramo. Este haz de protones, concentrado y colimado, entraría en el reactor y colisionaría con un blanco de plomo fundido; como resultado de la colisión cada protón produciría por *espalación* una media de 50 neutrones con energía media de 20 MeV.

La interacción de estos neutrones con el núcleo de  $\text{Th}^{232}$ , "sembrado" con  $\text{U}^{233}$ , debe generar  $\text{U}^{233}$ , que se fisiona, desprendiendo energía en forma de calor y más neutrones. La reacción planteada es sub-crítica porque es necesario mantener un flujo continuo de protones para sostenerla. Por otro lado, y dado que el flujo de neutrones es independiente del núcleo sub-crítico, estos neutrones serían cinéticamente *retardados*, ya que no son producto del proceso de fisión, y por tanto se reduciría drásticamente el fenómeno de *multiplicación de neutrones por reactividad inducida* y el consiguiente peligro de descontrol del reactor. La doble característica de poseer un núcleo subcrítico y la mayor protección frente

a subidas de reactividad inducida (factor de multiplicación  $k < 1$ ), implica un nivel de seguridad cualitativamente superior y un peligro de accidentes mucho menor que los de una central rápida convencional. Estos aspectos permitirían en principio menores exigencias en seguridad, menos estudios de escenarios hipotéticos de accidentes y/o procesos de licenciamiento más rápidos. Subsisten, sin embargo, dos problemas adicionales asociados con los ciclos de combustible nuclear convencional: la proliferación nuclear y la radiotoxicidad de los residuos. Volveremos sobre ellos más adelante.

El calor producido en el proceso de fisión subcrítica del AE se transforma en energía eléctrica mediante turbinas de vapor. Y al final volvemos al principio: toda central nuclear, super o sub-crítica, al margen de la sofisticación del diseño, ¡se reduce a una máquina de vapor!

El reactor propuesto consiste en una vasija de acero, similar a la de las centrales nucleares, que contiene en su parte inferior el núcleo, constituido por el combustible ( $\text{Th}^{232} + \text{U}^{233}$ ) inmerso en plomo fundido (blanco de espalación). Como refrigerante también se utiliza plomo fundido. El circuito primario de refrigeración contiene unas 10.000 toneladas de plomo a temperaturas entre 600 y 800°C. La elección del plomo como refrigerante se basa en dos razones: por un lado, la interacción entre el plomo y los protones se realiza sin absorción de energía (colisiones elásticas) dando como resultado neutrones rápidos, que permiten una gestión más eficiente del combustible nuclear; por otro, la elevada temperatura del líquido refrigerante permitiría teóricamente incrementar la eficiencia de la conversión energética del sistema, que alcanzaría al 45% de la potencia térmica bruta.

Otra innovación del sistema de Rubbia es que el diseño no incluye bombas para forzar la circulación del refrigerante. El movimiento del plomo fundido se produce teóricamente por convección natural. Al ser calentado por el núcleo, el plomo se movería hacia arriba, hacia los intercambiadores de calor. Estos deben enfriar el refrigerante y enviarlo hacia abajo de vuelta al núcleo. El calor, absorbido por un fluido (una mezcla eutéctica plomo-bismuto) que trabaja en circuito cerrado, se utiliza para calentar agua y producir altas presiones de vapor que, actuando sobre una turbina, generan energía eléctrica. Una consecuencia de este diseño es que la vasija debe ser muy grande (30 m de alto y 6 m de diámetro) para permitir el flujo del refrigerante.

### **Las posibles ventajas del reactor AE**

El reactor AE tiene, en principio, dos aplicaciones: producción de energía eléctrica y transmutación de sustancias radiactivas para minimizar el volumen y la actividad de los residuos radiactivos destinados a almacenamiento geológico profundo (AGP).

La transmutación de desechos radiactivos con fuentes adicionales de neutrones se comenzó a estudiar en los 70, pero no prosperó por no disponerse de la tecnología necesaria de aceleradores de partículas. Las transmutaciones son reacciones de captura neutrónica que transforman los núcleos en otros nucleídos. Son reacciones beneficiosas si transforman núcleos radiactivos de vida larga en isótopos estables o de vida corta, o con menor radiotoxicidad. Son, en cambio, negativas, si transforman núcleos estables (del combustible, refrigerante o estructura) en núcleos radiactivos o de mayor toxicidad, como transmutar  $\text{U}^{238}$  en  $\text{Pu}^{239}$ .

Los sistemas con aceleradores, como el propuesto por Rubbia, permiten mantener el sistema en estado sub-crítico ( $k < 1$ ) y proporcionan una fracción adicional de neutrones para intensificar la conversión  $\text{Th}^{232}$  a  $\text{U}^{233}$  y la transmutación de los actínidos y productos de la fisión. Este proceso tiene, sin embargo, un alto precio, que es la energía que consume el acelerador: un 20% de la energía producida para  $k=0.95$  y el 100% para  $k=0.70$ .

La mayor seguridad intrínseca del reactor -que descarta los accidentes del tipo de Chernobyl o Harrisburg-, junto a la posibilidad de reciclar y "quemar" no sólo sus propios residuos, sino también los de otras centrales nucleares, son las razones más poderosas que esgrimen los defensores de este proyecto.

La utilización de torio como combustible reduce drásticamente la cantidad de plutonio como producto final; el resto de productos de la fisión -menor que en las centrales convencionales-, se transformarían en el mismo reactor en elementos de vida más corta, que sin embargo requerirían almacenamiento durante unos cientos de años. Rubbia propone, además, reciclar el  $\text{U}^{233}$  y los productos finales de la fisión, así como los residuos de alta actividad de otras centrales, para preparar nuevo combustible que, mezclado con  $\text{Th}^{232}$ , vuelva a alimentar el reactor.

Otras razones añadidas se basan en la abundancia del torio en la naturaleza y en la utilización del plomo fundido como fuente de espalación y como refrigerante en un circuito sin sistemas de bombeo (lo cual evitaría accidentes como el de Three Mile Island), con un alto rendimiento termodinámico. El reactor podría funcionar con potencia constante durante cuatro años sin recambio de combustible, lo que permitiría "sellarlo".

Los argumentos económicos que apoyan la construcción del reactor se basan en el precio reducido del torio, que compensaría el gasto adicional del ciclotrón y en un cálculo competitivo (y altamente aventurado) del precio del kWh final.

### **.. y los problemas técnicos del reactor AE**

Los problemas detectados en el diseño del reactor AE son básicamente de dos tipos: problemas de desarrollo tecnológico e ingeniería y problemas asociados al propio proceso de fisión, que se resumen en el dilema entre proliferación y radiotoxicidad.

Existen problemas tecnológicos y de ingeniería no resueltos en la actualidad que afectan al acelerador de partículas, a la ventana del haz de protones, al sistema de refrigeración sin bombeo, al poder corrosivo del plomo fundido y, sobre todo, a la fabricación de combustible y al reprocesamiento del combustible gastado.

El desarrollo actual de la tecnología de aceleradores de partículas ha alcanzado grados de fiabilidad y rendimientos muy altos. No obstante, subsisten dos problemas para la construcción del acelerador para el AE de Rubbia: por un lado, se necesita un haz continuo de protones, mientras que los aceleradores actuales producen haces temporales; por otro, no existe ningún acelerador que proporcione las altas corrientes (30 mA a 1 GeV) necesarias para el sistema. La mayoría de los expertos -incluyendo los del

CERN y EURATOM- consideran que son problemas resolubles en un futuro próximo.

Otro problema de diseño implica a la ventana que permite el paso del haz de protones, sin apenas absorción. En principio se ha elegido de tungsteno y su vida media se calcula en un año, lo cual reduce sustancialmente el tiempo de funcionamiento en régimen de "sellado".

Las dudas sobre la utilización de plomo fundido como refrigerante en un circuito que trabaja por convección natural vienen de la falta de experiencia con este material. La Unión Soviética pasó a utilizar una mezcla plomo-bismuto en reactores de submarinos a partir de un accidente ocurrido por solidificación del plomo en un reactor de este tipo. Se prevé utilizar esta mezcla en el circuito secundario, pero no en el primario, por los problemas de radiactividad generados por el bismuto.

El comportamiento de los elementos de la vasija frente a la corrosión por plomo fundido tampoco se conocen en detalle. El plomo origina principalmente corrosión bajo tensión, que puede provocar fatiga mecánica y agrietamiento del acero y/o de las vainas de combustible. El mayor peligro radica por tanto en la posible contaminación del plomo del circuito primario por los productos de fisión. La "limpieza" de un volumen tan enorme (unos 735 m<sup>3</sup>) de material contaminado sería ciertamente una tarea difícil.

Sin embargo, los problemas tecnológicos y de ingeniería más importantes son los que afectan a la fabricación del combustible y al reciclado del combustible usado. El torio, un metal radiactivo del grupo de los actínidos, se encuentra en estado natural en forma de óxido (ThO<sub>2</sub>). El metal consiste básicamente del isótopo Th<sup>232</sup>, de baja actividad y vida media larga (13.900 millones de años). A pesar de que el ciclo del torio se conoce desde los años 50, sólo se utiliza como combustible nuclear para reactores de investigación en la India. Su aplicación industrial es prácticamente inexistente y no existe oferta comercial de óxidos de torio y de uranio-233 para el arranque inicial del AE. Por otra parte, el ciclo del combustible nuclear debe ser cerrado, ya que el funcionamiento del reactor AE obliga a que el reproceso sea una etapa fundamental, para recuperar el U<sup>233</sup> de los combustibles irradiados.

En España no existe tecnología del ciclo del torio; es más -según confirma CIEMAT en su informe sobre el AE-, "no existe tecnología sobre etapas clave del ciclo del uranio y plutonio que podrían servir de referencia". Por tanto, este paso significaría la contratación en el exterior de muchas actividades, profundizando aún más el camino de dependencia tecnológica abierto por la industria nuclear española.

Los aspectos originales del AE, como el alto grado de quemado, refrigeración por plomo líquido y utilización de óxidos mixtos de torio, uranio y plutonio, aumentarían considerablemente la dificultad de desarrollo de los elementos combustibles. Basándose en experiencias menos ambiciosas, los expertos de CIEMAT calculan un plazo de 5 a 10 años y un coste de varias decenas de miles de millones de pesetas, sólo para el diseño y fabricación del combustible. Otras etapas del ciclo, como el reprocesamiento del combustible irradiado y el tratamiento de residuos, al presentar mayores dificultades, se cifran en más de 10 años y cientos de miles de millones de coste.

El otro tipo de problemas asociados, más graves en cuanto derivan del mismo proceso de fisión, son la radiotoxicidad de los productos de la fisión y el peligro de proliferación nuclear.

Un estudio comparativo realizado en el CERN entre los combustibles irradiados en un reactor de agua ligera y uno del tipo AE, ha demostrado que el combustible quemado por un reactor de torio es considerablemente menos radiactivo. La toxicidad final de los residuos depende del tipo de neutrones que se utilicen en el proceso de fisión; en el caso del AE, que produce neutrones rápidos, se calcula una disminución a la décima parte en los primeros 1000 años. Sin embargo, y según reconoce Rubbia en su informe de marzo de 1997, el uso de neutrones rápidos produce el "quemado" de los actínidos más pesados pero no de los ligeros, como el  $\text{Sr}^{90}$  y  $\text{Cs}^{137}$ , que dominan la toxicidad en el corto y medio plazo. Estos residuos requerirían una instalación de "enfriamiento" durante algunos cientos de años, previa a su almacenamiento definitivo.

La radiotoxicidad de los residuos generados puede reducirse aún más reciclando los isótopos del uranio, que pueden usarse para "sembrar" el torio y fabricar nuevo combustible. La desventaja que surge es que el uranio irradiado es fisible y constituye un problema de proliferación grave, ya que podría ensamblarse en dispositivos de armas relativamente simples. La desnaturalización del uranio con  $\text{U}^{238}$  podría solucionar el problema, pero a costa de elevar nuevamente la radiotoxicidad de los residuos. A esta encrucijada se la conoce como dilema proliferación/toxicidad del ciclo del  $\text{Th}^{232}$ - $\text{U}^{233}$ : no es posible conseguir simultáneamente una toxicidad despreciable y resistencia a la proliferación.

La incineración de actínidos no es inocua, ya que incrementa la actividad a corto plazo por generación de actínidos más pesados, aumentando la radiotoxicidad del residuo final. Aunque el contenido de plutonio y actínidos (Np, Am, Cm) será muchísimo menor que en un reactor alimentado por uranio, se producirá  $\text{Pa}^{231}$ , un emisor alfa muy energético y de largo período de desintegración (34.000 años). Dado que al reprocesar, refabricar, transportar y reirradiar se introducen riesgos adicionales, es un hecho que la incineración aumenta los riesgos a corto plazo (<400 años) aunque los disminuya a largo plazo. Se requiere, por tanto, una evaluación global de riesgos, que incluya desde la minería del torio hasta el AGP, pasando por todas las fases del ciclo de combustible y operación activa del reactor.

### **De los problemas técnicos a las consideraciones legales**

El informe técnico emitido por el Comité Asesor de CIEMAT aborda los aspectos científicos y tecnológicos en que se basa el AE de Rubbia, opina sobre la capacidad tecnológica nuclear española para acometer un proyecto semejante y se extiende en una serie de consideraciones legales acerca de la instalación de este prototipo.

El Amplificador de Energía es considerado, desde el punto de vista técnico, una instalación nuclear que constituye por sí misma un reactor nuclear de nueva concepción y diseño. Por tanto, la instalación del AE requiere el dictamen técnico preceptivo del Consejo de Seguridad Nuclear y la autorización del MINER. Dicho organismo debe "estudiar y calificar el emplazamiento definitivo de la instalación con el fin de preservar la salud de los trabajadores, la del público en general y la del medio ambiente..".

Aunque la legislación española no prohíbe el licenciamiento de instalaciones de nuevo diseño, nunca se ha producido esta circunstancia en el pasado, ya que en el caso de todas las centrales nucleares siempre existía una central de referencia en el país de origen de la tecnología. La práctica del CSN ha sido la



aplicación de la normativa del país de origen.

El AE sería la primera instalación de su clase, y por tanto sería necesario un análisis muy riguroso de todos los aspectos de seguridad. El CSN estima que no tiene la capacidad necesaria para abordar en solitario la realización de un dictamen de estas características que, además, debe contemplar las instalaciones de fabricación de combustible, las de tratamiento del combustible irradiado y los transportes asociados.

El comité considera que la instalación del AE "requiere un desarrollo experimental previo que demuestre la viabilidad del proceso físico, del comportamiento de los materiales y del refrigerante, del combustible nuclear, del reproceso de dicho combustible, de la gestión de los residuos radiactivos y de .... los aspectos que hagan a la seguridad y economía de la instalación".

En el terreno económico, y a partir de los estudios realizados en reactores avanzados, estima que el coste total del proyecto podría llegar a ser uno o dos órdenes de magnitud superior al estimado por Rubbia, o sea en el orden del billón de pesetas.

El informe avanza una serie de conclusiones, que pueden resumirse en:

"El Amplificador de Energía, que constituye en sí mismo un reactor nuclear, supone para España un proyecto de alto riesgo, ya que no existe la capacidad tecnológica adecuada para abordarlo en la forma y en los plazos propuestos"...."España no debe comprometer recursos humanos y económicos de importancia en una empresa tan compleja y costosa"..."El licenciamiento en España de un prototipo del AE supondría un problema inabordable, en solitario, por el Organismo Regulador".

### **¿Por qué en España?**

Una pregunta obligada a la hora de evaluar las posibilidades de una instalación de este tipo es por qué se plantea en un país en solitario -un país totalmente dependiente en tecnología nuclear-, y el proyecto se confía a un consorcio de empresas ajenas al negocio energético, en el cual no participa ninguna compañía eléctrica.

Después de asistir al espectáculo montado por la DGA aragonesa y su cámara de empresarios -una nueva versión de *Bienvenido Mr. Marshall*- para promocionar el proyecto de Rubbia, la sensación de vergüenza ajena obliga a indagar sobre las causas de tan insólita elección.

A poco de bucear en los periódicos europeos, aparece nuestro premio Nobel, peregrino incansable, recorriendo Europa para vender su prototipo. Alemania, Francia, Suiza, han resultado destinos fallidos para el AE. La polémica lo acompaña siempre, por distintas causas: los países con moratoria nuclear no quieren ni hablar del prototipo, dado que es una instalación nuclear.

El caso francés es paradigmático: la todopoderosa industria nuclear gala ha reaccionado defendiendo su propio modelo de reactor de agua ligera presurizada. El debate está servido y llega al Parlamento de la República, donde se discute en el comité de Ciencia y Técnica, en una sección maratónica de ocho

horas, con la presencia del propio Rubbia. La polémica tiene ya nombre propio: la batalla del Rubbiatrón, e implica al Collège de France, al CNRS, a la Compañía Electricidad de Francia (EDF), al Comisariado de Energía Atómica (CEA) y a expertos nucleares diversos, levantando pasiones (y hasta persecuciones en el CNRS) y se salda con un informe al Parlamento (marzo de 1997). En este informe se destacan las posibilidades de investigación que derivan del proyecto, pero a la vez se alerta sobre posibles aventuras. Los expertos -algunos de los cuales están trabajando desde hace años en un proyecto de reactor híbrido similar-, coinciden en que el desarrollo del reactor AE debería contar con la participación de diversos países y afirman que no podrá nunca llevarse a cabo en un solo país. Por otro lado, si se comprobara su viabilidad, opinan que debería situarse cerca de los grandes centros de decisión en materia nuclear europeos y junto a instalaciones nucleares de alta tecnología. La posible ubicación en Zaragoza suscita sorpresa e incredulidad en los técnicos franceses, que alertan sobre "un sueño en el que se puede arriesgar mucho". La viabilidad económica queda en total entredicho y se estiman cifras astronómicas para la consecución del reactor experimental.

El EURATOM, organismo de la UE en el que participan los 15 países miembros, terea también en la polémica, a través de un dictamen de su Comité Científico. El STC no considera realista pretender el desarrollo de todo el sistema del AE de una vez, ya que implicaría el desarrollo de tecnologías nuevas en casi todo el sistema: nuevos aceleradores, nueva fabricación del combustible, nuevo reproceso y separación del combustible irradiado, nuevas condiciones de gestión de residuos, nuevos sistemas de reactor, nuevos refrigerantes, nuevas bases del diseño y seguridad. Este organismo duda sobre la aceptación social de un nuevo prototipo nuclear y sugiere centrarse en el desarrollo del proceso de incineración de actínidos, más que en la producción de energía por nuevos conceptos de reactores.

El repaso a los periódicos europeos nos devuelve a la realidad española: no se trataba de un espejismo tecnológico, sino más bien de una provocación, de demostrar que alguien apoya el proyecto y quiere llevarlo adelante. De donde se deduce que una rabieta puede convertir una ópera en zarzuela.

### **Un modelo energético alternativo**

Hasta aquí se han expuesto las razones y las dudas técnicas que ha suscitado el proyecto en distintos ambientes y organismos internacionales. Sin embargo, como se expresaba al principio de este documento, proponemos la evaluación de este proyecto a partir de las opciones tecnológicas que implica, al margen de que estas puedan ser accesibles en el futuro en el marco de proyectos de cooperación multinacional.

Las opciones tecnológicas no son en general inocuas, sino que responden y son funcionales a modelos económicos y/o ideológicos; de hecho, la elección de una opción dada determina el desarrollo económico y social posterior.

Es un hecho aceptado que la mayor parte de las modernas tecnologías industriales han sido descubiertas porque se las ha buscado. El azar juega un papel cada vez menor en el desarrollo tecnológico y puede afirmarse que lo que hoy se investiga con determinación configura la potencialidad cierta del mañana. Por ello, el modelo de desarrollo tecnológico, el tipo de tecnologías que se decide apoyar, es una cuestión relevante, ya que determinará los rasgos principales de la sociedad y el entorno de las generaciones venideras.

El sector energético es un sector clave para el debate tecnológico. Un campo en el cual las características de las tecnologías determinan, no sólo el modelo energético y sus consecuencias medioambientales, sino que enfrentan distintas actitudes de vida y modelos de organización social.

El debate nuclear es mucho más que un debate energético, y el profundo rechazo social que hoy genera en la mayoría del mundo desarrollado, es el producto de sus características diferenciales: secretismo, control militar, falta de transparencia, refractariedad a cualquier control democrático, tecnologías sofisticadas sólo accesibles a los países del Norte. Una tecnología que determina un modelo social.

La moratoria nuclear actualmente vigente en España bastaría para rechazar el desarrollo de un prototipo de reactor nuclear. Pero preferimos discutir las opciones en positivo, desde un modelo energético alternativo.

Las organizaciones ecologistas, los sindicatos y la izquierda española han avanzado mucho en la elaboración de este modelo, y en pocos países pueden exhibirse ejemplos de actuaciones conjuntas como en este sector.

En 1993, AEDENAT y los sindicatos CC.OO. y UGT presentaban un Plan de Investigación y Desarrollo para las Energías Renovables, para ser discutido en el Consejo Asesor de Ciencia y Tecnología, y que hoy sirve para concretar nuestra opción en I+D energético.

Nos mueve la certeza de que estas energías, llamadas a jugar un papel determinante en el abastecimiento energético del futuro, no han tenido la atención que merecen por sus posibilidades de aprovechamiento, la necesidad de su implantación y la aceptación social que suscitan. Nuestro país cuenta con una enorme riqueza en recursos renovables -tanto solares como eólicos, geotérmicos y de biomasa-, y con un nivel tecnológico adecuado para la explotación de los mismos. Las causas del bajo nivel de utilización de estos recursos, que ocupan papeles casi marginales en el abastecimiento energético español, hay que buscarlas en otros ámbitos.

Partimos del hecho de que las energías renovables no son sólo una posibilidad sino una necesidad. La posibilidad de conseguir un mundo sostenible pasa por impulsar el ahorro energético y las energías alternativas. Pero existen otros argumentos sociales y económicos a favor de su desarrollo: las fuentes renovables generan más puestos de trabajo por unidad de energía producida que las convencionales, aumentan el grado de autoabastecimiento energético en un país con escasez de recursos propios y por tanto equilibran su balanza comercial. La evolución de sus costes es fácilmente predecible y no depende del agotamiento de los recursos, de las fluctuaciones del mercado internacional, o de la estabilidad de una determinada zona del mundo. Por el contrario, apostar por ellas es asegurar que sus costes bajarán, cuando lo previsible es que las fuentes convencionales apunten -más allá de fluctuaciones temporales- a un alza no necesariamente moderada. Por otro lado, el desarrollo tecnológico generado es de aplicación, no sólo en nuestro país, sino en otros de menor nivel de desarrollo, que demandan cada vez más energía; la escasez de recursos fósiles y los enormes impactos ambientales que su uso generarían, convierten a los recursos renovables en el único camino para conseguir un desarrollo sostenible.

Después de un estudio detallado sobre el estado de la tecnología en las principales fuentes renovables -

solar, eólica, biomasa-, y de su situación económica y de mercado, encontramos las trabas a la difusión de este tipo de energías: obstáculos a la comercialización, falta de confianza de los usuarios potenciales, legislación inadecuada, ausencia de agentes económicos potentes para impulsar su desarrollo.

El Plan de I+D para las energías renovables incluye una nueva propuesta de gestión de la I+D energética y una decidida voluntad de influir en las directrices de los planes futuros. Los objetivos propuestos se resumen en:

- Conseguir mejoras tecnológicas en aquellas fuentes próximas al umbral de rentabilidad, que permitan reducir el coste de la energía producida y facilitar su utilización masiva. Apoyar proyectos de demostración y modificar el marco legal para eliminar los obstáculos que se oponen a su uso. Ejemplos claros son los sistemas solares activos y pasivos para calefacción, refrigeración e iluminación y los parques eólicos.
- Mantener los esfuerzos de investigación en las fuentes que presentan más incertidumbres o costes todavía alejados de la rentabilidad, para disponer de opciones claras que permitan asegurar su rentabilidad futura.
- Apoyar proyectos de construcción de instalaciones de demostración y diseminación como vía para impulsar estas fuentes y asegurar un mercado mínimo que permita abaratar costes.

En cuanto a la programación y gestión de los programas de I+D se proponía:

- Incorporar el Programa Nacional de Investigaciones Energéticas en el Plan Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (PNI+D), y el Plan de Investigación Energética (PIE) en el Plan de Fomento Tecnológico e Industrial (PFTI) del Ministerio de Industria.
- La importancia estratégica del tema y la diversidad de campos afectados justifica el establecimiento de un Plan Movilizador sobre Energías Renovables, con Proyectos Integrados que incluyan todas las etapas del proceso: investigación, desarrollo, ingeniería y aplicación, gestionado por el CDTI con participación de Organismos Públicos de Investigación, Universidades y empresas.

La propuesta no llegó a ser evaluada en 1993, ya que contaba con el veto decisivo del MINER y de las compañías eléctricas, fuertemente representadas en ese Consejo, y ha vuelto a presentarse en febrero de 1997.

El Parlamento Europeo, en resolución del 4 de julio de 1996, ha propuesto un plan de Acción en el ámbito de las Energías Renovables, y apoya un incremento sustancial de los recursos dedicados al desarrollo de estas energías en los Programa Marco de I+D de la UE. Sorprende y ruboriza constatar que ciudades como Berlín o Hamburgo acometen desarrollos urbanísticos basados en el aprovechamiento de la energía solar, mientras aquí seguimos discutiendo la viabilidad de este tipo de energías.

## **La situación energética de Aragón**

Aragón tiene una situación claramente excedentaria en energía eléctrica, siendo un exportador neto de energía a otras regiones españolas. A esta situación se suma su alto potencial eólico, evaluado en más de 2.000 MW, de los cuales se prevé instalar unos 1.000 MW en el medio plazo.

La energía eólica es la fuente renovable más desarrollada en el territorio español. a finales de 1995 existía un total de 115 MW instalados (la mayor parte en Andalucía y Canarias) y 295 MW en ejecución. El MINER prevé alcanzar 2.800 MW de potencia instalada en los próximos años. Esto no es producto sólo de la abundancia de áreas adecuadas para el emplazamiento de parques eólicos, sino también del fuerte desarrollo de un sector industrial nacional dedicado a la fabricación de aerogeneradores y demás componentes de los molinos.

Aragón es una de las CC.AA. con mayor potencial eólico aprovechable y a ello suma la localización en su territorio de alguna de las industrias más importantes del sector. Este es el caso de TAIM-TFG que ha presentado un plan para construir 33 parques con un total de 666 MW. Asociada a la danesa Nordtank y a la alemana EPM, esta empresa ha creado la filial DERASA, dedicada a la promoción y gestión de parques eólicos, que proyecta instalar un aerogenerador experimental de 1,5 MW de potencia (la potencia máxima de los molinos actuales es de 600 MW). Este salto tecnológico sería decisivo para la instalación de parques eólicos de potencia media, con menor impacto en el paisaje y susceptibles de conectarse a la red eléctrica.

Una región que posea recursos autóctonos renovables puede apostar por su explotación y desarrollar su propia tecnología y componentes. En definitiva, las energías renovables pueden contribuir a crear nuevos tejidos industriales con tecnología y bienes de equipo propios, aportar mano de obra y generar actividad económica productiva.

En esta situación es difícil entender la actitud de la DGA y la Confederación de Empresarios de Aragón, apoyando un proyecto con los niveles de incertidumbre del AE, que consagraría (una vez más) la secular dependencia tecnológica española. El cambio a último momento del proyecto de prototipo, que ahora sólo se dedicará a "quemar" residuos radiactivos, no mejora la situación.

El 21 de mayo de 1996, se aprobaba por unanimidad en las Cortes de Aragón una proposición no de ley expresando "el rechazo a cualquier proyecto de instalación en territorio aragonés de centrales nucleares, cementerios de residuos radiactivos o instalaciones asimilados, debido a los gravísimos riesgos que comportan para la vida humana y el medio ambiente".

El Amplificador de Energía es un reactor nuclear y generará residuos radiactivos. El Parlamento de Aragón y la sociedad aragonesa tienen ahora la palabra.

Madrid, 1 de abril de 1997

### Agradecimientos

La autora agradece a Antonio Lucena, Carlos Martínez y Jorge Riechmann por la aportación de documentos, la discusión del contenido y la revisión de este manuscrito.

### Referencias

- EURATOM Scientific and Technical Committee, "STC opinion on nuclear energy amplifier". STC (96)-D18. Septiembre 1996.
- "Working material. Status of the Accelerator-Driven Systems (ADS)". IAEA. Viena, 1996.
- CEA, Commissariat à l'énergie atomique, "Rapport annuel 1995", 1996.
- C.Rubbia, CERN, "Accélérateurs de particules pour la production d'énergie et l'élimination des déchets nucléaires", Documento para la Oficina parlamentaria de evaluación científica y tecnológica, París, noviembre de 1996.
- Comité Asesor del Instituto de Tecnología Nuclear de CIEMAT, "Consideraciones sobre el amplificador de energía", (participan expertos propios, de la Cátedra de Energía Nuclear de la ETS de Ingenieros Industriales, de las empresas públicas ENRESA y ENUSA, del Consejo de Seguridad Nuclear y de las Centrales Nucleares Avanzadas de DTN). Noviembre de 1996.
- M.Pavageau, M.Schneider, "El reactor nuclear de Rubbia: ¿soluciones o ilusiones?", informe de WISE para Greenpeace España. Enero de 1997.
- Aedenat-Ecofontaneros, "¿Qué es el amplificador de energía?". Enero de 1997.
- C.Rubbia, S.Buono, Y.Kadi, J.A.Rubio. "La transmutación de residuos mediante neutrones rápidos en el amplificador de energía (AE) como una alternativa al almacenamiento geológico profundo: el caso de España". CERN/LHC/97-01 (EET). Ginebra, marzo de 1997.
- J.Magill, C.O.Carroll et al., "Advantages and limitations of thorium fuelled energy amplifiers", en *Unconventional options for plutonium disposition*. Proceedings of Technical Committee IAEA-TECDOC. pp.81-96, (1995)
- Aedenat, CC.OO., UGT, "Plan de investigación y desarrollo para las energías renovables". Junio 1993.
- Aedenat, CC.OO., UGT, "Una propuesta para el desarrollo de la energía eólica". Enero 1992.
- Aedenat, Izquierda Unida, "Una propuesta alternativa para el sector energético". 1994.
- Diversos artículos periodísticos publicados en El Heraldo de Aragón, Cinco Días, El País, Le Nouvel Observateur, Le Monde, etc.

**FUNDACIÓN 1º DE MAYO: DOCUMENTOS DE TRABAJO**

**DOC 1/1997** *Contra el pensamiento único en economía (textos de José Manuel Naredo, Rafael Sánchez Ferlosio y Jorge Riechmann)*. Coloquio celebrado en el Ateneo de Madrid el 17 de septiembre de 1996. Madrid: Fundación 1º de Mayo, 1997. 300 ptas.

**DOC 2/1997:** Alicia Durán: *El amplificador de energía de Rubbia: debate sobre un nuevo tipo de reactor nuclear*. Madrid : Fundación 1º de Mayo, 1997. 300 ptas.

**DOC 3/1997:***Proposición de Ley sobre objeción de conciencia en materia científica* (investigadora principal: Gema Madrigal Candilejo). Madrid : Fundación 1º de Mayo, 1997. 300 ptas.

**DOC 4/1997:** Jorge Riechmann: *Ética y ecología: dos meditaciones*. Madrid : Fundación 1º de Mayo, 1997. 400 ptas.

**DOC 1/1998:** Lorenzo Cachón et al.: *Encuentros para el debate sobre el empleo*. Madrid : Fundación 1º de Mayo, 1998.400 ptas.

**DOC 2/1998:** Jorge Riechmann: *Medio ambiente y empleo : la reconstrucción ecológica de los sistemas de transporte*. Madrid : Fundación 1º de Mayo, 1998. 300 ptas

**DOC 3/1998:** José Babiano, Ana Fernández Asperilla: *El asociacionismo como estrategia cultural : los emigrantes españoles en Francia (1956/1974)* Madrid ; Fundación 1º de Mayo, 1998. 400 ptas

**DOC 1/1999:** Ignacio García : *Operación Canguro. El programa de emigración asistida de España a Australia (1958-1963)*. Madrid : Fundación 1º de Mayo, 1999. 400 ptas.

**DOC 2/1999:** Jorge Aragón (dir.) : *Integración europea y relaciones laborales : una perspectiva desde España*. Madrid : Fundación 1º de Mayo, 1999. 400 ptas.

**DOC 1/2000:** Michael Hansen : *Bioteología y sistema alimentario*. Madrid : Fundación 1º de Mayo, 2000. 300 ptas.

**DOC 2/2000:** Jorge Riechmann : *Agricultura ecológica y rendimientos agrícolas : aportación a un debate inconcluso*. Madrid : Fundación 1º de Mayo, 2000. 300 ptas.

**DOC 3/2000:** Jorge Riechmann : *Nuevas reflexiones sobre biotecnologías agrícolas y alimentos transgénicos*. Madrid : Fundación 1º de Mayo, 2000. 300 ptas.

**DOC 4/2000:** Oscar Carpintero : *La bioeconomía de Nicholas-Georgescu-Roegen*. Madrid : Fundación 1º de Mayo, 2000. 400 ptas.

**DOC 5/2000:** Jorge Riechmann : *La ecologización de la agricultura y el problema del empleo*. Madrid : Fundación 1º de Mayo, 2000. 300 ptas.

**DOC 1/2001:** Fernando Rocha , Jorge Aragón : *Mecanismos de evaluación de los pactos de empleo en las comunidades autónomas : situación y experiencias*. Madrid : Fundación 1º de Mayo, 2001. 400 ptas.

**DOC 2/2001:** Lorenzo Cachón, Jorge Aragón, Fernando Rocha : *Empleos temporales subsidiados en el sector público y sector no mercantil en España*. Madrid : Fundación 1º de Mayo, 2001. 400 ptas.

**DOC 3/2001:** Sebastián Farré : Spanische Agitation : *Emigración española y antifranquismo en Suiza*. Madrid : Fundación 1º de Mayo, 2001. 400 ptas.

**DOC 1/2002:** Fernando Rocha, Jorge Aragón : *El papel de las relaciones laborales en los procesos de fusión de empresas*. Madrid : Fundación 1º de Mayo, 2001. 400 ptas.

<b>BOLETÍN DE SOLICITUD DE EJEMPLARES</b>
---

**DATOS DEL SOLICITANTE:**

Apellidos y nombre .....

Centro:.....

Dirección:.....

Localidad-CP ..... Teléfono .....

Fax..... Fecha de petición.....

TITULO /NºDOCUMENTO	NºEJEMPLARES

El envío se realizará una vez recibido el justificante de ingreso en cuenta: FUNDACIÓN 1º DE MAYO CAJA DE MADRID SUCURSAL 1849. C/ Almagro, 27. 28025 MADRID. Nº 2038-1849-85-6800016953. El precio por ejemplar es de:300 ptas: documentos hasta 25 páginas, 400 ptas: documentos de más de 25 páginas.

<b>FUNDACIÓN 1º DE MAYO</b> C/Arenal, 11-1º-28013 MADRID TF. 3640601; 3640838; 3641305 ; FAX: 3641350
---