

LA TRANSMUTACIÓN EN EUROPA. PROYECTO EUROPEO IP-EUROTRANS

La energía nuclear de fisión está siendo objeto de debate en la comunidad internacional. El fuerte incremento de consumo de energía en el mundo, junto con la excesiva dependencia de los combustibles fósiles, y el problema de las reservas, ha permitido un relanzamiento del tema nuclear. Siendo esta fuente de energía competitiva (como lo demuestran los mercados energéticos que siguen contando con ella) los problemas a resolver por esta fuente de energía son dos.

El primero, más como percepción social, que como problema real, es el de la seguridad. La existencia de países desarrollados como Francia, con una generación de electricidad con más de un 80% de origen nuclear, y sin accidentes reseñables durante todos los años de servicio de sus centrales, da idea de la seguridad alcanzada por este tipo de energía, siempre que se hagan las cosas bien. La Generación IV de reactores, en la que se espera que España participe, permitirá una mayor competitividad de esta fuente de energía, al disminuir sus costes, y una mayor seguridad de las centrales, con la utilización de sistemas pasivos.

El segundo de los problemas de esta fuente energética está en vías de estudio. Los residuos nucleares de baja y media actividad ya tienen soluciones científicas y tecnológicas, como es el caso del Cabril en España. Los residuos de alta actividad son los que plantean mayores problemas, no por su volumen (todos los residuos generados durante el periodo completo de utilización de la energía nuclear en el mundo caben en un cam-

po de fútbol), sino por su tasas de emisión de radiactividad en el tiempo (con altas dosis en periodos de cientos de miles de años.) La solución del Almacenamiento Geológico Profundo (AGP) para albergar este tipo de residuos está investigándose, y ya existen los primeros emplazamientos a punto de ser puestos en servicio (como es el almacenamiento de Yucca Mountain en el estado de Nevada, en EE.UU.) El elevado coste del proyecto (para albergar los residuos de alta actividad generados sólo en EE.UU. ha-

ría necesario la construcción de otro AGP del mismo volumen que Yucca Mountain), ha evidenciado la necesidad de una tecnología que permita la disminución de la densidad energética cedida por los residuos nucleares (que define el volumen final de almacenamiento), y el tiempo en el que la radiotoxicidad almacenada está por encima del nivel definido por el uranio natural utilizado en el ciclo de combustible (Fig. 1) Esta tecnología es la transmutación de residuos nucleares, de forma que los isótopos de

Pablo T. León López*
Dr. Ingeniero Industrial por la
Universidad Politécnica de Madrid

Recibido: 8/8/05
Aceptado: 28/9/05

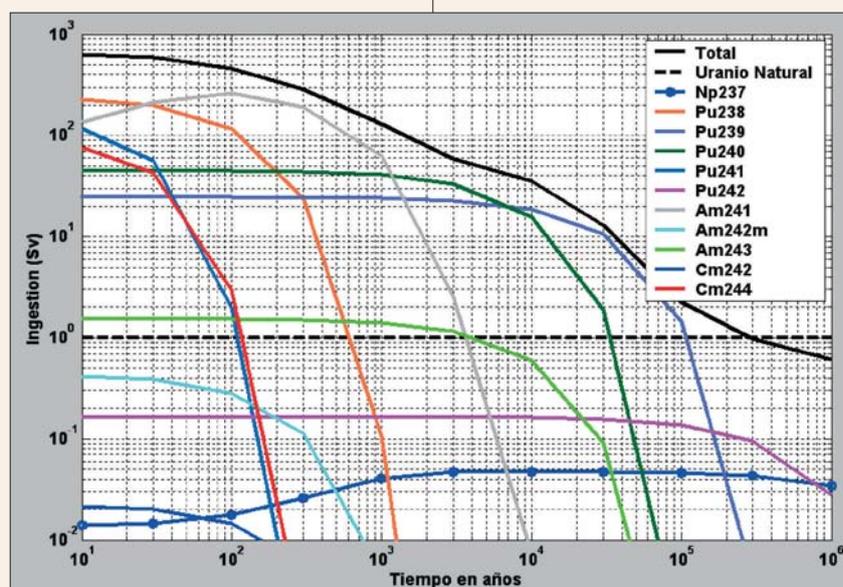


Figura 1.- Radiotoxicidad del combustible gastado, tras un quemado en un reactor de agua ligera de 33 MWd/kg.

* Investigador Titular del CIEMAT, y Profesor de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Madrid. Participó en el proyecto PDS-XADS del V Programa Marco, y participa en el Proyecto IP-Eurotrans del VI Programa Marco de la Unión Europea.

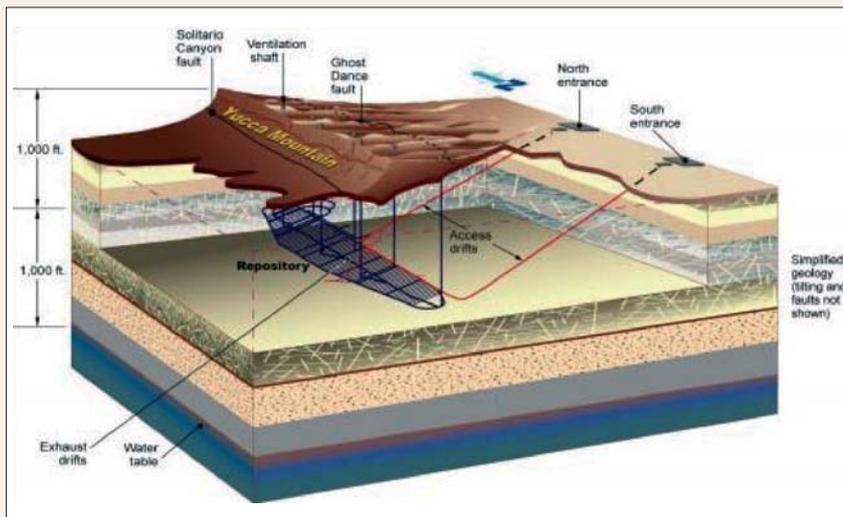


Figura 2.- Esquema del AGP de Yucca Mountain.

cooling), es el encargado de continuar los trabajos realizados en el anterior programa marco (PDS-XADS), en el diseño de un reactor transmutador. En este dominio, se analizan dos diseños de reactor. El XT-ADS (*Experimental Transmutator Accelerator Driven System*), que servirá como base para demostrar la viabilidad tecnológica de la transmutación en un plazo corto (unos 8 años), con una potencia entre 50 y 100 MWth, y el EFIT (*European Facility for Industrial Transmutation*), que permitirá demostrar la viabilidad tecnológica y económica de la idea. La tecnología del EFIT será de Pb-Bi para la refrige-

alta actividad se transforman o “transmutan” en productos de fisión, de menor radiotoxicidad en el tiempo que los isótopos originales. Para conseguir esta transformación, se introducen los residuos con una mayor contribución a la radiotoxicidad (elementos transuránicos, como el neptunio, plutonio, americio y curio), tras un proceso de separación del combustible gastado, en un reactor específico, el reactor transmutador.

En Europa se está prestando especial atención al problema de los residuos. En el VI Programa Marco de la **Unión Europea**, el proyecto *IP-Eurotrans* estudia la transmutación de residuos radioactivos en reactores transmutadores. El proyecto es un Proyecto Integrado (*Integrated Project*), que está dividido en cinco dominios (Fig. 2)

Estos dominios están coordinados por los cinco grandes Centros de investigación que han lanzado el Proyecto Integrado. Estos Centros son el **SCK-CEN** belga, el **ENEA** italiano, el **CEA** francés, el **FZK** alemán, y el **CIE-MAT** (OPI español.) El presupuesto total que invierte la **Comunidad Europea** en este proyecto es de 23 millones de euros (siendo el montante total del proyecto de 42,3 millones de euros, 19,3 millones cedidos por los participantes.) El número total de Instituciones participantes es de 32 (entre los que se encuentra el **CIE-MAT** y el **CSIC** como Centros de investiga-

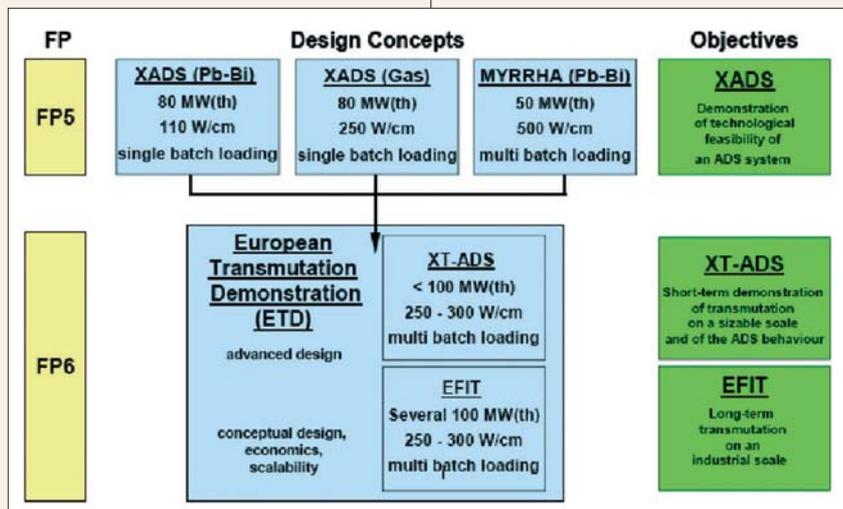


Figura 2.- Organización del Proyecto Integrado IP-Eurotrans.

ción, y **EA** (Empresarios Agrupados) como representante de la industria nuclear española, y en el proyecto participan 17 universidades, entre las que se encuentran las Universidades Españolas **UPM**, de Madrid, **UNED**, UPV, de Valencia, **USDC**, de Santiago de Compostela, **USE**, de Sevilla e **IQS** de Sarriá.

La coordinación total del proyecto corresponde al centro de investigación alemán **FZK**, y en la presidencia del mismo está **Juan Antonio Rubio**, actual Director del **CIE-MAT**. Los dominios en que se divide este proyecto integrado son los siguientes:

- El primero, denominado **DE-SIGN** (*Development of a detailed design of XT-ADS and a conceptual design of EFIT with heavy liquid metal*

ración del reactor, y como blanco de la fuente de espalación. El presupuesto cedido por la **Unión Europea** a este dominio es de 6.136,5 k€.

- El segundo de los dominios, **ECATS**, ha sufrido un importante cambio desde las definiciones originales del proyecto. Inicialmente, el dominio **ECATS** (*Experimental Activities on the Coupling of an Accelerator, a Spallation Target and a Subcritical Blanket*) estaba centrado en el estudio del experimento **TRADE**, que pretendía acoplar un reactor subcrítico del tipo **TRIGA**, con una fuente de baja intensidad, dando lugar a unos cientos de kWt de potencia. El proyecto pretendía apoyar una colaboración internacional existente previamente para el estudio de un reactor subcrítico con potencia no nula, y es-

| | XT-ADS | EFIT |
|-----------------------------|-----------------------|----------------------------------|
| Nivel de diseño | Diseño avanzado | Diseño conceptual |
| Refrigerante | Pb-Bi | Pb (<i>backup</i> : Gas) |
| Sistema primario | Integrado | Integrado |
| Potencia | 50 a 100 MWth | >300 MWth |
| Tª de entrada núcleo | 300 °C (350 °C) | 400 °C |
| Tª de salida núcleo | 400 °C (430 °C) | 480 °C |
| Interface Fuente espalación | Sin ventana | Con ventana |
| Geometría de la fuente | No centrada/centrada | Centrada |
| Combustible | MOX (acepta AM) | (Pu,Am)O ₂ + MgO (Mo) |
| Densidad potencia comb. | 700 W/cm ³ | 450-650 W/cm ³ |
| Sección del elemento comb. | Hexagonal | Cuadrada |

Tabla 1.- Parámetros de los reactores XT-ADS y EFIT.

meses. El presupuesto cedido por la **Unión Europea** a este dominio es de 5.250,3 k€

- Por último, el dominio *NUDA-TRA* (*Nuclear Data for Transmutation*), se encarga del estudio de los datos nucleares necesarios para la investigación de los reactores transmutadores. Este dominio está coordinado por el **CIEMAT**, en la figura de **Enrique M. González Romero**, Director de la División de Fisión Nuclear. Estos datos neutrónicos son fundamentales si se pretende desarrollar los simuladores que predigan comportamientos de este tipo de reactores, en situaciones nominales o accidentales, para el estudio de la transmutación. El presupuesto cedido por la **Unión Europea** a este dominio es de 1.120,0 k€.

Los plazos temporales del proyecto son a tres años, empezando a contar desde el uno de marzo de 2005. Si bien, al igual que ocurre con casi todos los proyectos europeos, una vez finalizado el plazo, se produce una revisión del proyecto y se prorroga el mismo si es necesario. Para entonces, es de esperar tener un proyecto casi definitivo para el XT-ADS, basado en el Proyecto *Myrrha* belga, y un prediseño del *EFIT*, que demostrará la viabilidad industrial de la transmutación.

Como conclusión, cabe señalar la importante participación de la Investigación española en el proyecto (dos Organismos públicos de Investigación, una empresa privada, y seis universidades, además de la presidencia del proyecto, y la coordinación de dominios). Esto permitirá que España sea un país donde la investigación nuclear permita el desarrollo de futuros proyectos, que, a la vista del panorama energético mundial y nacional, a medio plazo deberá hacer frente a una demanda nada despreciable de energía nuclear de fisión. ■

taba liderado por **ENEA** (Italia.) Finalmente, por diferentes problemas, el proyecto no se va a llevar a cabo, y el dominio *ECATS* se dedicará al estudio de diferentes proyectos de investigación similares al *TRADE*, pero fuera de Europa. El primero es el *RACE*, en EE.UU., que se diferencia del *TRADE* únicamente en que los neutrones que alimentan el conjunto subcrítico no provienen de una fuente de espalación, sino de una fuente de electrones (producción fotonuclear) El segundo, es el proyecto *SAD*, en Bielorrusia, cuya fuente es de espalación, pero cuyo reactor no es un diseño TRIGA, sino un reactor muy rápido refrigerado por aire. Para la coordinación de este proyecto, se ha propuesto al catedrático de la E.T.S.I. Industriales, y presidente de **EURATOM**, **José María Martínez-Val**, aunque la configuración definitiva del proyecto no se conocerá hasta finales de 2005. El presupuesto cedido por la **Unión Europea** a este dominio es de 5.500,3 k€

- El tercer dominio, *AFTRA* (*Advanced Fuels for Transmutation Systems*), estudia los posibles combustibles a utilizar en estos reactores. Puesto que el combustible deberá albergar diferentes elementos actínidos, soportar muy altos quemados (energía obtenida por unidad de masa de combustible) y diversos reprocesamientos, el diseño de este tipo de combustibles es una de las partes más críticas para la realidad comercial de la transmutación. Los primeros candidatos a estudio son los

combustibles basados en nitruros o carburos y embebidos en diferentes matrices inertes, El presupuesto cedido por la **Unión Europea** a este dominio es de 3.265,5 k€

- El cuarto dominio, *DEMETRA* (*Development and Assessment of Structural Materials and Heavy Liquid Metal Technologies for Trans-*

Los residuos de alta actividad son los que plantean mayores problemas

mutation Systems), estudia el comportamiento de materiales en contacto con aleaciones de plomo-bismuto líquidos y en ambientes de alta irradiación neutrónica y de protones. En el proyecto, se investigan dos materiales tomados como referencia en el proyecto, el AISI 316 L, y el acero T91. Uno de los puntos críticos a estudiar por este dominio es la ventana de espalación. Esta ventana es una hoja de material de la fuente, que separa el canal de vacío de protones, con el blanco de plomo-bismuto donde se produce la espalación. Al estar sometida a una irradiación alta de protones, el tiempo de vida estimado de este componente es de unos 6