



Aurelio M.ª ULIBARRI ARECHABALA es Ingeniero Industrial (1967), Diplomado en Ingeniería Nuclear por la Junta de Energía Nuclear (Madrid), 1970 y Master en Dirección y Administración de Empresas (Executive MBA) por el Instituto de Empresa (Madrid), 1985.

Entre 1968-1970 trabajó en AUXIESA, en el proyecto de la Central Térmica de Compostilla II, Grupo 3, y en el proyecto de la Central Térmica de El Aaiún.

Entre 1972 y 1976 fue Coordinador, en Bilbao, del proyecto de la Central Nuclear de Lemóniz, que realizó AUXIESA.

Entre 1976 y 1981 ocupó los cargos de Adjunto al Jefe del Grupo de Puesta en Marcha y Jefe de Sistemas en la Central Nuclear de Lemóniz, pasando posteriormente a INITEC, donde fue Director de la Ingeniería del Proyecto de la Central Térmica de Itabo, en la República Dominicana.

Entre 1982 y 1985 fue Director de Proyecto de la Central Nuclear de Vandellós II.

Desde octubre 1985 es Director de Ingeniería y Proyectos en la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos, S.A. (ENRESA).

LA INVESTIGACION Y EL DESARROLLO EN LA GESTION DE LOS RESIDUOS RADIATIVOS EN ESPAÑA

A. ULIBARRI - A. SERRANO



Antonio SERRANO PEREZ es Doctor Ingeniero de Minas por la ETSIM de Madrid.

De 1958 a 1964 trabajó en la Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras, como Ingeniero de Investigación.

De 1965 a 1971 desempeñó el cargo de Jefe de la División de Explotación de Fosbucráa en el antiguo Sahara Español.

En esta misma Empresa, de 1971 a 1985, ocupó el puesto de Jefe del Dpto. de Estudios en la Dirección Comercial de Madrid. En 1986 entró en ENRESA, integrado en el Dpto. de Estudios y Relaciones Internacionales, y en 1987 pasó a la Dirección de Ingeniería de la misma Empresa, encargado de la coordinación interna de las actividades de Investigación y Desarrollo.

La gestión de los residuos radiactivos en España se lleva a cabo según los principios y objetivos contenidos en los Planes Generales de Residuos Radiactivos que ENRESA elabora anualmente para su aprobación por el Gobierno. Uno de sus capítulos es el relativo a I+D y, de acuerdo con ese mandato, ENRESA elaboró en 1987 un "Plan de I+D para la Gestión de los Residuos Radiactivos en España", con validez para el período 1987-1991.

Como en otras muchas actividades que requieren la aplicación de tecnologías, también los residuos radiactivos demandan un esfuerzo importante de investigación y, sobre todo, de desarrollo.

Sin embargo, las actividades de I+D sobre residuos, al igual que otras relacionadas con aplicaciones de la radiactividad, tienen un carácter específico que las diferencia de las que se llevan a cabo en otros sectores industriales. En

éstos lo normal es que un proceso de investigación conduzca, bien a la puesta a punto de tecnología para su aplicación a corto plazo, bien a la obtención de un prototipo que demuestre sus posibilidades de aplicación y su rentabilidad económica.

En la gestión de residuos, el cumplimiento de la normativa de los organismos competentes y la demostración del comportamiento a lo largo de dilatados períodos de tiempo obliga a que las investigaciones o los desarrollos emprendidos cumplan determinados requisitos no sólo en la fase final, como cabría esperar, sino también a lo largo de todo el proceso, casi desde sus comienzos. Entre los requisitos que enmarcan esas investigaciones cabe citar:

- Avance en el conocimiento científico y técnico con simultánea y periódica divulgación de lo que se va consiguiendo.

- Respuestas válidas a los problemas abordados no sólo para las generaciones actuales, sino también para las futuras.
- Necesidad de consenso mundial en el sentido de que los conocimientos y desarrollos conseguidos sean homologables por la comunidad científica internacional.
- Adaptación a las normativas de seguridad y a su evolución.

Por otra parte, debido a que la aplicación de los resultados de buena parte de las líneas de trabajo investigadas son a muy largo plazo, hasta de miles de años, como en el caso de las investigaciones relacionadas con los almacenamientos geológicos para residuos de alta actividad, no se puede extrapolar a partir de observaciones o datos actuales, por lo que hay que recurrir a complicados procesos de cálculos matemáticos probabilísticos, métodos informáticos muy avanzados y obtención de parámetros experimentales para la confección de modelos representativos, única posibilidad de demostrar que el comportamiento de los diseños y sistemas investigados para ser utilizados, cumplen los requisitos de seguridad actuales, que son extrapolados hacia el futuro lejano.

No debemos olvidar que el objetivo final de la gestión de residuos es la consecución de almacenamientos definitivos tanto para los residuos de baja y media actividad como para los de alta. En el contexto internacional ya hay instalaciones en funcionamiento para el almacenamiento definitivo de residuos de baja y media actividad, pero no ocurre lo mismo para los de alta actividad, que se encuentran en pleno proceso de I+D. El avance en España del conocimiento científico y técnico, que nos ha de permitir avanzar en la gestión de residuos y disponer en el próximo siglo de un almacenamiento para alta, no es separable del que se está consiguiendo a nivel internacional, lo que obliga a que España esté presente de forma sistemática en los foros y organismos internacionales, donde se abordan, según las diferentes especialidades, los muy numerosos temas de I+D implicados. Al mismo tiempo no se puede renunciar a disponer en España de instalaciones de experimentación que consoliden y adapten al contexto español cuanto se está haciendo fuera, permitiendo así que se formen grupos especializados en diferentes áreas que puedan aplicar su experiencia y conocimientos en el momento que sea preciso.

Teniendo en cuenta que el parque nuclear español es de volumen medio, se han de aplicar recursos adecuados al alcance que el I+D español debe tener. Como criterios a tener en cuenta para la investigación española, se pueden citar, entre otros, los siguientes:

- Los recursos a aplicar deben guardar un equilibrio en proporción al programa nuclear español. Se debe comparar ese esfuerzo, humano y económico, con el que se viene haciendo en nuestro entorno europeo.
- Se debe utilizar al máximo el potencial investigador del país (organismos públicos, privados, universidades, etc.). Se debe recurrir al extranjero cuando sea necesario.
- Se debe favorecer la asimilación de la tecnología generada en I+D mediante el trabajo integrado de los centros de investigación, la ingeniería y la industria en general. En este sentido, la realización de proyectos de I+D con participación múltiple es el esquema que "a priori", y siempre que los participantes no tengan una gran especialización temática específica, puede producir más efectos multiplicadores.
- Han de mejorarse técnicas y procedimientos mediante procesos de desarrollo. La investigación básica o fundamental no es apenas abordable para gestión de residuos. Más bien debemos movernos en el campo de la investigación aplicada e incluso recurriendo más a procesos de desarrollo que de investigación pura.
- Ha de hacerse una orientación selectiva de las áreas de I+D. Las posibilidades de desarrollo de proyectos de investigación son muy amplias, quizá demasiado amplias, incluso para nuestras necesidades, sobre todo si se desea llenar de contenido todo el abanico de áreas y líneas de investigación. Por ello se deben abordar las tareas de I+D con estrategia selectiva y con un rango de prioridades ajustables con el tiempo y con el avance del conocimiento.
- La participación en programas y tareas internacionales deben ser amplia. En efecto, el acople de nuestras investigaciones con las desarrolladas a nivel internacional permite ir avanzando en el conocimiento de forma simultánea con el de nuestro entorno, sin decalajes que podrían convertir en superfluos trabajos repetitivos. Ya dijimos antes que el conocimiento científico y técnico español no es separable del internacional. Por la experiencia conseguida hasta ahora se puede decir que la mayoría de los avances no estarán protegidos por patentes difícilmente accesibles. Antes al contrario, el hecho de que una mayoría de los proyectos de I+D se enmarquen en planes de I+D de instituciones supranacionales (CEE, OCDE, OIEA de la ONU, etc.) y que la colaboración entre organismos análogos es estrecha y permeable a las fronteras, permite y permitirá una

gran fluidez en el intercambio de resultados, proyectos y, en general, de conocimientos.

LA INVESTIGACION EN EL CONTEXTO INTERNACIONAL

Sin olvidar otros programas internacionales, como los de la AEN-OCDE y la OIEA, son las acciones de I+D en la CEE las que interesan en especial a España. La Comunidad utiliza los programas marco para planificar sus investigaciones y activar la participación de sus Estados miembros.

El programa marco es un instrumento de programación a medio plazo de la acción comunitaria en el dominio de la investigación científica y el desarrollo tecnológico: fija sus objetivos generales y sus prioridades, así como su apoyo financiero global y el reparto del presupuesto entre las grandes líneas de acción. El programa marco es una guía para las decisiones a tomar durante los cinco años de vigencia; por ejemplo, reconducción de los programas a punto de finalizar, adopción de nuevos programas. En resumen, aflora las posibilidades de investigación ofrecidas por la Comunidad para conocimiento y participación, si ése es el caso, de instituciones científicas, empresas y Estados miembros.

Varios son los motivos que apoyan al lanzamiento de los programas marco comunitarios:

- Mantenimiento y reforzamiento de la competitividad en sectores de alto valor añadido tecnológico, frente a la competencia de otros países no comunitarios.
- Fortalecimiento de la cohesión en el desarrollo económico europeo, es decir, reducción de las desigualdades científicas entre los Estados miembros.
- Aceleración en la creación de un verdadero espacio científico europeo, de una auténtica "comunidad europea de la investigación y de la tecnología", que ya existe de hecho, aunque no institucionalizada, y que será un componente importante del gran mercado sin fronteras de 1992.

La filosofía comunitaria pretende que se realicen a escala comunitaria tan sólo las investigaciones que sean más útiles, rentables y eficaces a ese nivel: problemas planteados a escala europea, como la protección del medio ambiente; que sobrepasen los medios financieros o humanos de un solo Estado miembro, como las relativas a la fusión termonuclear controlada; investigaciones en sectores donde es indispensable recurrir a la complementariedad de conocimientos y competencias existentes en Europa, pues es evidente que ningún Estado

miembro, ni aun los más grandes, poseen todas las competencias en todos los dominios.

El vigente programa marco fue aprobado el 28 de septiembre de 1987, con validez hasta 1991 y fue dotado con 6.480 millones de ECU. Comprende ocho grandes líneas de acción. El I+D relacionado con la gestión de residuos radiactivos se encuentra en la de Energía y, dentro de ésta, en la de Energía Nuclear de Fisión, que abarca los siguientes grandes temas:

- Seguridad de los reactores.
- Gestión y almacenamiento de residuos radiactivos: tratamiento, acondicionamiento y almacenamiento en formaciones geológicas estables.
- Clausura de instalaciones.

Al tema de seguridad nuclear se dedica el 60% de la actividad total.

El programa marco actúa en una posición intermedia en el campo continuo, que va de la investigación básica o fundamental a la aplicada y al desarrollo tecnológico. La puesta en práctica de los programas marco se realiza mediante programas sectoriales con dos tipos de acciones: directa, donde es la propia CCE la que toma la iniciativa en los contratos de investigación, y de coste compartido, mediante convocatorias periódicas de proyectos en los que los contratos son financiados en parte por la CCE.

El vigente "Programa para la Gestión y Almacenamiento de Residuos Radiactivos" ha sido convocado para cubrir el período 1990-1994 con un presupuesto de 80 millones de ECU. Comprende dos partes, divididas en las áreas y proyectos siguientes:

PARTE A: Gestión de residuos y acciones de I+D asociadas

Tarea 1. Estudio de sistemas y armonización de políticas y prácticas de gestión de residuos.

Tarea 2. Tratamiento de residuos radiactivos.

Tarea 3. Caracterización y cualificación de residuos, bultos y su entorno.

Tarea 4. Evacuación de residuos radiactivos: investigaciones en apoyo del desarrollo de repositorios subterráneos.

PARTE B: Construcción y operación de instalaciones subterráneas abiertas a actividades comunitarias conjuntas

Proyecto 1. Instalación piloto subterránea en la mina de sal de Asse (R. F. Alemania).

Proyecto 2. Instalación piloto subterránea en una formación arcillosa bajo el emplazamiento nuclear de Mol (Bélgica).

Proyecto 3. Instalación subterránea de validación en Francia.

Proyecto 4. Instalación subterránea de validación en el Reino Unido.

EL PLAN DE I+D DE ENRESA

El Plan de I+D responde a las necesidades planteadas por las actividades de ENRESA, fundamentalmente el conocimiento e implantación de técnicas y tecnologías y la formación de personal científico y técnico.

Los principios básicos de la actuación de ENRESA en este campo son los siguientes:

- No es una empresa de investigación.
- Promueve la actividad investigadora.
- Define objetivos y líneas de investigación.
- Define el alcance de las investigaciones.
- Firma contratos marco de ejecución y de participación.
- Efectúa su seguimiento, control y actualización.
- Utiliza los resultados.

Las actividades de ENRESA se centran en la gestión de los residuos radiactivos, procedentes tanto del ciclo del combustible nuclear, incluyendo el desmantelamiento de instalaciones, como de la investigación, medicina, agricultura e industria.

Las distintas actividades de investigación pueden ser clasificadas en varios grandes grupos, coincidentes con las de gestión:

- Estudio del residuo, que comprende principalmente su tratamiento, acondicionamiento, caracterización e identificación.
- Selección y caracterización de emplazamientos, para el almacenamiento del residuo, tanto temporal como definitivo.
- Diseño de sistemas y equipos que optimicen las instalaciones y los métodos de almacenamiento de los residuos, en función del emplazamiento elegido.
- Evaluación del comportamiento y modelización, para la implantación de técnicas y metodologías de evaluación del comportamiento, análisis de seguridad y la aplicación de metodologías de cálculo.
- Seguridad y protección radiológica, aplicada a las propias instalaciones.
- Clausura y desmantelamiento de instalaciones y desarrollo de técnicas y procedimientos de rehabilitación.

Muchas de las líneas de investigación descritas en el "Plan de I+D" no han podido desarrollarse debido a carencias de infraestructura. Así, la imposibilidad de disponer a corto plazo, en contra de lo previsto inicialmente, de celdas calientes en España, impide el desarrollo global de la mayor parte del programa esbozado en el "Plan" para el combustible gastado.

El mismo problema se presentó en su momento con el programa de investigación relacionado con Selección de Emplazamientos, el más extenso del "Plan

de I+D". La cancelación del proyecto IPES, laboratorio subterráneo de experimentación en granito, y, por consiguiente, la imposibilidad de disponer de un volumen geológico subterráneo y de la zona superficial del terreno correspondiente para el desarrollo de las líneas de investigación previstas, obligó a un cambio de orientación de las actividades, para intentar hacer en el extranjero, aunque fuese mínimamente, lo que se pensaba hacer en España a gran escala.

En las líneas cuya evolución no se ha visto coartada, las actividades han continuado al ritmo y plazo previsto.

A fin de proseguir de forma progresiva con el contenido del "Plan de I+D", cumplir con su revisión anual y responder a la evolución que, a nivel internacional, se ha producido en este campo de actividades desde 1987, se han elaborado este año programas de I+D sectoriales, que abordan líneas de investigación agrupadas en áreas a desarrollar a partir de 1990, dentro de las posibilidades que ofrece el entorno investigador español y el internacional más afín a las actividades de ENRESA. Los programas sectoriales inicialmente son cuatro: "Campo Próximo y Término Fuente", "Geosfera o Campo Lejano", "Biosfera" y "Clausura de Instalaciones". Los tres primeros se ajustan a las tres zonas de influencia que emanan de un almacenamiento de residuos radiactivos de alta actividad: el residuo con su ubicación y el entorno próximo, el ámbito geológico de posible migración y difusión y el posible impacto sobre los ecosistemas. A estos programas hay que añadir proyectos en marcha que corresponden a líneas de investigación relacionados con los residuos de baja actividad y su almacenamiento, iniciados en años anteriores.

En cuanto al programa relativo a desmantelamiento y clausura de instalaciones, ENRESA elaboró un documento en septiembre de 1988, titulado "Clausura de Instalaciones Nucleares. Bases para un Programa de I+D en España", donde se recopila y actualiza la labor que a nivel internacional se está desarrollando en este campo y las líneas de investigación principales que se podrían acometer en España.

RESUMEN DE LOS PROYECTOS ABORDADOS

Los proyectos de I+D contenidos en el "Plan de I+D para la Gestión de los Residuos Radiactivos en España" continúan constituyendo el bloque principal de las actividades de investigación y desarrollo de ENRESA en el campo de los residuos radiactivos.

En el transcurso de 1988 se han terminado nueve proyectos y a finales de año

se han incorporado otros seis, con lo que el balance de proyectos en curso al comenzar 1989 era de veintisiete. En los dos cuadros adjuntos se pueden ver, de forma resumida, los proyectos en curso y los terminados, respectivamente.

ENRESA participa como responsable en nueve proyectos comunitarios de I+D, siete bajo el programa de coste compartido y dos bajo el de Acción Directa. Es copartícipe en otros tres proyectos de coste compartido, de los que es ejecutor el CIEMAT.

Los veintisiete proyectos en curso tienen un presupuesto global de 1.955,2 MPT, de los cuales ENRESA financia 979,5 (50,1%); otras instituciones colaboradoras, tanto españolas como extranjeras, 641,9 (32,8%), y la CCE, a través de sus programas de coste compartido, 333,8 (17,1%).

Los nueve proyectos terminados desarrollados entre 1987 y 1988 han tenido un coste de 248,8 MPT, de los que 206,5 (83%) han sido financiados por ENRESA, 20,6 (8,2%) por entidades colaboradoras españolas y 21,7 (8,8%) por la CCE.

Se han firmado contratos de investigación con treinta organizaciones, de las que veinte son españolas y diez extranjeras:

- Españolas: CIEMAT, CSIC, ITGE, IGN; Escuelas Técnicas Superiores de Ingenieros de Minas de Madrid, de Ingenieros Industriales de Madrid, Barcelona y Sevilla, de Caminos de Barcelona; Universidades de Barcelona y Sevilla; Universidad Autónoma de Madrid, INASMET; ENUSA; ENADIMSA; Potasas de Subiza, S. A.; Equipos Nucleares, S. A.; UITESA; AMBIOSEA, Y NUSIM.
- Extranjeras: Laboratorio Comunitario de ISPRA (Italia); ECN y la Universidad de Utrech, de Holanda; DBF y GSF, de R. F. Alemania; CEA y ANDRA, de Francia; NRPB, de U. K.; STUDSVICK, de Suecia, y BATTELLE, de USA.

La formación de personal (becarios, tesis, etc.) se lleva a cabo dentro de los equipos de investigación que realizan los proyectos contratados por ENRESA. Se estima que el total de personas en los equipos bajo contrato con ENRESA es del orden de 300.

A continuación se indica brevemente el estado de los proyectos correspondientes a las áreas de clasificación adoptadas en el "Plan de I+D":

ESTUDIO DEL RESIDUO

En este área continúan desarrollándose los dos proyectos relativos a baja actividad, en colaboración con el CIEMAT, sobre acondicionamiento de cambiadores de ión de reactores nucleares e identificación de radionucleidos en bultos por métodos no destructivos, habiéndose iniciado un proyecto sobre incorporación de cenizas a matriz sólida con la ETSII de Sevilla.

En cuanto a alta actividad, continúan los proyectos LOFT y PHEBUS, ambos en el ámbito internacional, y se han iniciado otros dos proyectos sobre caracterización del elemento combustible gastado en condiciones de almacenamiento geológico.

SELECCION Y CARACTERIZACION DE EMPLAZAMIENTOS

Han finalizado tres proyectos. Dos de ellos sobre la identificación de los parámetros físico-químicos controladores de los procesos de migración en la FUA y en El Cabil, los cuales se han incorporado a la documentación relativa a los procesos de licenciamiento de estas instalaciones. El tercero constituye la aportación al Catálogo Europeo de Formaciones Geológicas Favorables para el Almacenamiento de residuos de alta actividad.

Continúan los trabajos correspondientes a tres proyectos de neotectónica y sismicidad, otro sobre irradiación de sales, incluido dentro del proyecto internacional comunitario HAW, así como el de migración en granitos, también con financiación comunitaria.

Se ha iniciado en 1988 un nuevo proyecto que pretende conseguir una interpretación geofísica detallada de los diferentes niveles de una formación salina.

DISEÑO DE SISTEMAS

Finalizó un proyecto incluido dentro de la primera fase del proyecto comunitario COMPAS, sobre cápsulas para residuos de alta vitrificados. Se han iniciado este año tres proyectos: uno sobre cápsulas de almacenamiento, incluido dentro de la segunda parte del COMPAS; otro sobre diseño de cápsulas de titanio, y un tercero sobre durabilidad del hormigón, que es complementario del proyecto en curso sobre "Durabilidad de las estructuras de hormigón". Estos dos últimos se relacionan con el diseño de los almacenamientos para residuos de baja actividad en El Cabil.

Continúa la progresión de los tres proyectos relacionados con la aplicación de bentonitas como materiales de relleno y sellado para los almacenamientos geológicos de residuos de alta actividad y larga vida.

En cuanto al proyecto SAE (D.E.A.B.), sobre almacenamiento alternativo y directo de combustible irradiado, que se desarrolla en Alemania, se ha progresado mediante la colaboración, dentro de un Contrato Marco, con las instituciones de investigación que lo llevan a cabo.

EVALUACION DEL COMPORTAMIENTO. MODELIZACION

En este área finalizaron dos proyectos: uno incluido dentro del proyecto comunitario COSA II, sobre cálculos aplicables

a códigos termomecánicos de comportamiento de formaciones salinas como almacenamientos geológicos, y otro sobre modelización numérica aplicable a residuos radiactivos en general y su implantación en ordenador.

Continúa el desarrollo de los siete proyectos en curso: dos tienen carácter internacional, el INTRAVAL y el BIO-MOVS, que son proyectos de participación múltiple para la intercomparación y desarrollo de códigos aplicables a la geosfera y a la biosfera, respectivamente; otros cuatro abordan modelos probabilistas de aplicación a diferentes temas, y el séptimo estudia la caracterización y modelización de procesos atmosféricos en topografía compleja, con aplicación a El Cabil.

SEGURIDAD Y PROTECCION RADIOLOGICA

Buena parte de los modelos de carácter global, de componente probabilística, ya citados en el área anterior, abordan el tema del impacto radiológico y la seguridad de los almacenamientos de residuos radiactivos.

Dentro del programa sectorial sobre Biosfera, se ha previsto el próximo desarrollo de líneas de investigación específicas sobre seguridad y protección radiológica que serán puestas en marcha en 1990, como, por ejemplo, modelos dosimétricos, conocimiento de los efectos de la radiación en el hombre o el desarrollo de sistemas de medidas, entre otros.

DESMANTELAMIENTO Y CLAUSURA DE INSTALACIONES

Han finalizado tres proyectos incluidos dentro de este área: uno sobre caracterización hidrogeoradioquímica del entorno de la FUA y cuyos resultados han sido llevados a la documentación para la clausura de esta instalación y otros dos sobre capas de cobertura como barreras al radón y sobre protección frente a la infiltración del agua de lluvia, de aplicación a las escombreras de la FUA. En una segunda fase estos dos últimos proyectos se han unificado para la determinación de los parámetros correspondientes al nuevo diseño de capas adoptado.

En el trabajo "Clausura de Instalaciones Nucleares. Bases para un Programa de I+D en España" se han definido catorce líneas de investigación a desarrollar en un próximo futuro, de las cuales han de surgir los proyectos de I+D que las desarrollen. El primero de ellos está a punto de iniciarse, dentro de la línea de "métodos de descontaminación y desmantelamiento", para el estudio del corte bajo agua de metales contaminados y activados, utilizando como instalación piloto el reactor JEN-1 del CIEMAT.

T I

PLAN DE I + D RESUMEN DE PROYECTOS EN CURSO

Ref.	TITULO	CRONOGRAMA					COSTES (MPT)				
		1987	1988	1989	1990	1991	Total	ENRESA	Otros	CEE	Observaciones
2	ESTUDIO DEL RESIDUO										
2.1	Acondicionamiento de materiales cambiadores de ión de reactores nucleares						34,7	18,2	—	16,5	Contrato CIEMAT (ITN)
2.2	Identificación de radionucleidos en bultos por métodos no destructivos						43,2	21,7	7,5	14	CIEMAT (ITN) - 7,5
2.3	Participación española en el Proyecto LOFT						182,7	15,1	167,6	—	CSM-50; UNESA-72,6; CIEMAT-30; ENUSA-15, incluido Exp. LP-FP-2
2.4	Participación española en el Proyecto Phebus						250	32,75	217,25	—	UNESA-101,75; CIEMAT-32,75; CSN-50; ENUSA-32,75
2.5	Solubilidad del UO_2 en las condiciones esperadas en un almacenamiento salino						6,8	6,8	—	—	ETSIIB
2.6	Comportamiento estructural de elementos combustibles gastados						6,6	6,6	—	—	ETSIIM
3	SELECCION Y CARACTERIZACION DE EMPLAZAMIENTOS										
3.1	Mapas Neotectónico y Sismotectónico						220	110,3	109,7	—	IGME-109,7
3.2	Programa de Investigación de Sismicidad Histórica						54	18	36	—	CSN-18; IGN-18
3.3	Mapa de Riesgo Sísmico						(1)	(1)	(1)	—	(1) En negociación IGN-CSN
3.4	Participación española en el Proyecto HAW						140,8	70,8	—	70	Univ. Barcelona. ECN-Univ. Utrecht GSF (asesoría)
3.5	Movil. de radionucleidos en medio granítico bajo la influencia de agentes complejantes y coloides						255,5	105,6	44	105,9	CIEMAT-44; CEE-ISPRA-61,8; CEE, Bruselas-44,1
3.9	Testificación geofísica e interpretación de cuatro sondeos en sal						27	27	—	—	ENADIMSA-POSUSA. Coste: 50% básico y 100% opcional
4	DISEÑO DE SISTEMAS										
4.2	Estudio optimización diseño estructuras de hormigón para almacenamientos superficiales para conservación integridad durante periodos largos						16,8	4,2	4,2	8,4	Contrato ANDRA (F)-4,2
4.3	Investigación de bentonitas españolas						30	30	—	—	Contrato UAM-CSIC "Clay Technology" (asesor)
4.4	Ensayos "in situ" para la demostración de la factibilidad del emplazamiento de materiales arcillosos de relleno y sellado como barreras de ingeniería en formaciones graníticas						189,5	86,7	—	102,8	Contratos CIEMAT-CEA-ETSIIM
4.5	Caracterización de mezclas de arcillas (bentonita) y granito molido para construir barreras a migración radionucleidos: difusión y propiedades físicas						31,7	8	9,5	14,2	Contrato CIEMAT-9,5
4.6	Participación española en el Proyecto DEAB (R. F. Alemania)						140	140	—	—	Contrato marco con DBE (Futuros GSF, KIK, BGR)
4.7	Participación en el Proyecto COMPAS (2.ª Fase)						5	2	1	2	ENSA-1
4.8	Durabilidad de los hormigones a emplear en la instalación de El Cabril						10,3	10,3	—	—	CSIC-I.E. Torroja
4.9	Comportamiento frente a la corrosión, construcción y sellado de cápsula de almacenamiento de titanio						11,1	11,1	—	—	INASMET
5	EVALUACION DEL COMPORTAMIENTO. MODELIZACION										
5.2	Participación en el Proyecto INTRAVAL						30	30	—	—	Parte española sólo
5.3	Participación en el Proyecto BIOMOVIS						—	Gastos	Idem.	—	CIEMAT y ENRESA al 20/80 de los gastos españoles. NRP Gastos Secretariado
5.4	Formación en códigos de evaluación probabilista de riesgo-Adecuación del código LISA a medio fractur. Granito						20,2	20,2	—	—	Formación en ISPRA: 11,8 MPT PRYMA-ETSIIM-ETSIIM
5.6	Implantación y desarrollos de modelos, criterios y parámetros para la biosfera (Anexo II)						99	79,2	19,8	—	CIEMAT (PRYMA)-19,8
5.7	Caracterización de procesos atmosféricos en topografía compleja (Anexo III)						73,4	66,8	6,6	—	CIEMAT-PRYMA-6,6; UITESA-AMBIOSA
5.8	Métodos probabilistas del análisis de riesgo asociado a los almacenamientos de RR. Subproyectos I y II						39,5	39,5	—	—	ETSIIM
5.9	Métodos probabilistas de análisis de riesgo asociado a los almacenamientos de residuos radiactivos						37,5	18,75	18,75	—	CIEMAT (ITN)-18,75. Coste al 50%
PROYECTOS TERMINADOS											
(3.6)-(3.7)-(3.8)-(4.1)-(5.1)-(5.5)-(6.1)-(6.2)-(6.3)*											
TOTAL							248,8	206,5	20,6	21,7	
							2204	1.186	662,5	355,5	
							100 /	54	30	16	

T II

PLAN DE I + D RESUMEN DE PROYECTOS TERMINADOS

Ref.	TÍTULO	CRONOGRAMA					COSTES (MPT)				Observaciones
		1987	1988	1989	1990	1991	Total	ENRESA	Otros	CEE	
3	SELECCION Y CARACTERIZACION DE EMPLAZAMIENTOS										
3.6	Desarrollo del cálculo de los parámetros fisicoquímicos controladores de los procesos de migración en el almacenamiento de El Cabril						39	39	—	—	Contrato CIEMAT (IT)
3.7	Determinación de los parámetros fisicoquímicos que controlan los procesos de migración de radionucleidos naturales en el dique de FUA						39,1	39,1	—	—	CIEMAT (IT)
3.8	Contribución española al Catálogo Europeo de Formaciones Geológicas Favorables para el Almacenamiento de Residuos de Alta Actividad						15,2	—	—	15,2	Contrato ENADIMSA
4	DISEÑO DE SISTEMAS										
4.1	Participación española en el Proyecto COMPAS-1.ª F (Containers Mechanical Performance Assessment)						5	2	1	2	ENSA-2
5	EVALUACION DEL COMPORTAMIENTO. MODELIZACION										
5.1	Participación en el Proyecto COSA II						7,5	3	—	4,5	Contrato ETSIMM
5.5	Revisión sobre modelización numérica para gestión de residuos radiactivos y utilización del soporte informático de la ETSIMM						57,5	37,9	19,6	—	ENRESA financia 19,6 MPT en informática y 15 MPT en servicios. ETSIMM, 19,6
6	DESMANTELAMIENTO Y CLAUSURA DE INSTALACIONES										
6.1	Caracterización hidrogeoradioquímica del entorno de la Fábrica de Uranio de Andújar						43	43	—	—	Contrato CIEMAT-ENADIMSA
6.2	Diseño de capas de cobertura y barreras al radón y definición del programa de ensayos (1.ª Fase)						37,8	37,8	—	—	Contrato CIEMAT-INTEC-GEOCISA-AGROMAN
6.3	Programa de ensayos de permeabilidad "in situ" en capas de cobertura en los diques de estériles de la FUA (1.ª Fase)						4,7	4,7	—	—	Contrato GEOCISA-AGROMAN
TOTAL							248,8	206,5	20,6	21,7	

contribución a la producción total de energía eléctrica que alcanzará una cota máxima cercana al 40% en 1989, para disminuir a continuación en los siguientes años.

El Sector Eléctrico, como propietario de las centrales nucleares, es responsable de su explotación segura y económica, en estrecha relación con el Ministerio de Industria y Energía y con el Consejo de Seguridad Nuclear, lo que, entre otros aspectos, condiciona la evolución de las actividades de investigación.

Por otra parte, las futuras actividades de investigación dependerán de los resultados de los programas actuales, de los problemas potenciales que pudieran presentar como fruto de la experiencia de explotación y, sobre todo, del papel que en el futuro tenga la energía nuclear en el país. En otro orden de cosas, las actividades del I+D Nuclear que se emprendan deben ir en consonancia con los objetivos del Sector con una clara tendencia a concentrar esfuerzos y aumentar la eficacia en atender sus propias necesidades.

En este sentido cabe prever un fuerte incremento en la investigación en ingeniería de materiales con vistas al incremento de disponibilidad y extensión de

vida. A tales fines, el Sector está preparando un Plan de Materiales en el marco del Programa Global.

En la medida en que se vaya completando el Plan de Accidentes Severos cabe prever un decrecimiento relativo de los planes de investigación en seguridad de reactores de agua ligera, si bien será siempre necesario mantener algunas instalaciones experimentales claves, fundamentalmente en el área de la termohidráulica y accidentes severos, tanto para mantener un número suficiente de expertos, como poder hacer experimentos que analicen circunstancias imprevistas. Por el contrario, cabe pensar en un crecimiento de las investigaciones en Evaluación Cuantitativa del Riesgo que permita a las centrales mantener actualizados sus propios análisis.

Finalmente, el Sector Eléctrico está estudiando en el marco de UNESA un posible proyecto de investigación y desarrollo en materia de centrales nucleares avanzadas, con los objetivos de preparar futuras soluciones en el campo nuclear, realizando un trabajo útil y aprovechable para la opción nuclear en los futuros planes energéticos, y contribuir durante los próximos años al mantenimiento de la tecnología nuclear y de la capacidad

adquirida en España, con la doble vertiente de capacitación para afrontar posibles nuevos proyectos nucleares y de capacitación para dar el requerido apoyo a las centrales nucleares actualmente en explotación.

CONCLUSIONES

Tras dos años de vigencia del Programa Global se puede afirmar que el grado de cumplimiento es altamente satisfactorio, con un nivel de avance que se sitúa en torno al 60%, con dieciséis proyectos en marcha y con más de 40 técnicos del Sector participando activamente en la gestión del Programa y en desarrollos de proyectos específicos.

Las inversiones en investigación siguen un ritmo creciente, aproximándose al nivel de estabilización, previsto en unos 850 millones de pesetas anuales.

Como tendencia durante la próxima década se prevé un fuerte incremento de la investigación en Ingeniería de Materiales, un decrecimiento relativo en los planes de investigación en seguridad de reactores de agua ligera y el inicio de la investigación ligada al emplazamiento, diseño, construcción y explotación de centrales con reactores avanzados.