

I+D+I NUCLEAR EN SECTOR ELÉCTRICO ESPAÑOL. PROGRAMAS Y ESTRATEGIAS

L. FRANCIA - M. CASERO

El Sector Eléctrico ha destinado tradicionalmente importantes recursos en el área de la I+D+I nuclear para profundizar en la mejora de la tecnología y de las herramientas para gestionarla adecuadamente, así como para mejorar el conocimiento de los fenómenos asociados a la operación segura y fiable de su parque nuclear. El propósito de este artículo es reflejar el continuo esfuerzo del Sector para aproximar cada vez más los resultados de la investigación a las necesidades de las centrales nucleares españolas, para incrementar la coordinación de sus esfuerzos con los de otros agentes nacionales e internacionales para conseguir el óptimo uso de los recursos y de las capacidades, y, sobre todo, para incorporar permanentemente las lecciones aprendidas.

The Spanish Utilities have traditionally devoted important resources to Research, Development and Innovation in the nuclear field in order to improve the technology and the tools needed for its proper management, as well as to increase the knowledge on the phenomena associated to a safe and reliable operation of the Spanish NPPs. The purpose of this article is to show the continuous effort of the Spanish Utilities to get that the research results better meet the NPPs' needs, to improve the coordination with other national and international agents with the aim of ensuring an optimum use of the resources and capabilities, and, most of all, to permanently incorporate the lessons learned.

INTRODUCCIÓN

A finales de 2001, el Comité de Energía Nuclear (CEN) de UNESA acordó la elaboración de un catálogo que recogiese todos los proyectos de investigación, desarrollo e innovación (I+D+I) nucleares en los que participa el Sector Eléctrico, al objeto de disponer de una visión global del esfuerzo que el Sector realiza en esta materia. La Comisión de Tecnología y Seguridad, dependiente del CEN, fue la encargada de desarrollar esta tarea.

El catálogo elaborado recoge todos los proyectos de I+D+I nucleares en los que el Sector Eléctrico –entendiendo por tal las empresas eléctricas, las centrales nucleares, UNESA, Tecnatom y DTN– ha participado en el periodo 1998 a 2002, clasificados en programas y, dentro de cada programa, en áreas.

El catálogo se ha complementado con un informe que, además de describir en detalle los objetivos y contenido de los distintos programas, comenta las lecciones aprendidas en el desarrollo de los mismos, recomienda –a la luz de la experiencia adquirida– las estrategias en materia de I+D+I a seguir por el Sector Eléctrico en el futuro y propone las acciones más inmediatas para aplicar dichas estrategias.

SITUACIÓN ACTUAL DE LOS PROGRAMAS DE I+D+I NUCLEARES

El Sector Eléctrico ha participado en más de 180 proyectos de I+D+I nucleares en el periodo 1998-2002, con una inversión media anual del orden de los 9 MEuros. El presupuesto total de los proyectos en los que el Sector Eléctrico ha participado –considerando las aportaciones de todos los participantes, tanto nacionales como extranjeros– ha sido del orden de los 48 MEuros anuales, lo que significa un efecto multiplicador de más de 5 sobre la inversión realizada.

Los datos anteriores incluyen la participación del Sector Eléctrico en el Programa Coordinado de Investigación (PCI) suscrito entre el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) y UNESA en septiembre de 1997. Los proyectos del PCI han supuesto, para el Sector Eléctrico, una inversión de unos 4,8 MEuros en el periodo antes indicado, lo que representa del orden del 11% de la inversión total del Sector Eléctrico en proyectos de I+D+I nucleares en dicho periodo.

Los Programas de I+D+I nucleares con mayor número de proyectos y ma-

yor presupuesto (ver tabla) son los de Barrera de Presión (37%), Mejora de la Disponibilidad de Planta y de las Prácticas Operativas (16%), APS y Factores Humanos (13%), Combustible Nuclear (13%), Gestión de Vida (4%), Centrales Avanzadas (12%) y Protección Radiológica (2%).

Los Programas de I+D+I nucleares identificados en el catálogo cubren la práctica totalidad de las áreas de interés del Sector Eléctrico en esta materia, teniendo en cuenta la tecnología instalada en las centrales nucleares españolas. La evolución de la tecnología va poniendo, no obstante, de manifiesto nuevas inquietudes que se identifican adecuadamente en el informe antes citado, y que se resumen más adelante en este artículo.

A continuación se presentan brevemente los Programas de I+D+I Nucleares en los que el Sector Eléctrico participa o ha participado; en la tabla que ilustra el artículo se indican las Áreas temáticas que cubre cada uno de dichos Programas.

Programa 1: COMBUSTIBLE NUCLEAR

En la operación del combustible nuclear se ha producido una evolución dirigida a conseguir mejores prestaciones a un menor coste, con decisiones bien conocidas, tales como operar con ciclos cada vez más largos, aumentar el grado de quemado o incrementar la potencia nominal de las centrales. El combustible nuclear se ha adaptado al nuevo modo de operar mediante una modificación de su diseño, que se ha apoyado en una base tecnológica fiable, quedando algunos aspectos pendientes de desarrollo, por no disponerse

Participación del Sector Eléctrico español en Programas y Áreas de Proyectos de I+D+I nuclear
(Actualización a Dic.-2002 e Importes en Euros)"

PROGRAMAS	Clave Áreas	ÁREAS	Participación sectorial en Ppto. Total		Presupuesto Total	
			1998-2002	Total	1998-2002	> 2003
1 COMBUSTIBLE NUCLEAR	A1.1	Respuesta del combustible de alto quemado	4.089.598	5.997.598	61.740.405	55.000.000
	A1.2	Comportamiento del combustible en operación normal y accidente	143.374	131.374	1.067.244	131.250
	A1.3	Optimización de materiales de vaina y estructura	447.439	532.939	1.085.486	108.000
	A1.4	Mejora de técnicas de inspección	1.119.685	0	1.481.495	0
	A1.5	Códigos termohidráulicos y neutronics	147.648	136.029	1.957.993	3.289.285
		Total Programa 1	5.947.745	8.077.273	67.332.623	56.570.542
2 BARRERA DE PRESIÓN	A2.1	Desarrollo y validación códigos termohidráulicos y neutronics	1.194.747	90.000	40.998.490	144.000
	A2.2	Mejora de las capacidades de simulación	239.437	0	239.437	0
	A2.3	Irradiación neutronics en aceros de vasija y Curvas P-T	1.068.724	727.989	2.724.066	1.905.846
	A2.4	Materiales de vasija, internos y tuberías	3.480.691	485.696	34.124.742	4.828.210
	A2.5	Mejora de técnicas de inspección y reparación	10.530.744	3.116.016	21.823.613	5.684.420
	A2.6	Revisión de bases de licencia	85.100	0	4.907.407	0
		Total Programa 2	16.599.443	4.419.701	104.817.756	12.562.476
3 CONTENCIÓN Y ACCIDENTES SEVEROS	A3.1	Comportamiento de sistemas y gestión de accidentes severos	539.822	35.283	7.603.431	530.189
	A3.2	Comportamiento de productos fisión liberados durante accidente	137.285	9.715	262.706	282.136
		Total Programa 3	677.107	44.998	7.866.137	549.618
4 APS Y FACTORES HUMANOS	A4.1	Aplicaciones de los APS	456.328	76.672	533.000	685.143
	A4.2	Mejora de interfaces hombre-máquina	2.260.439	0	4.004.457	0
	A4.3	Cultura de seguridad y factores humanos/organizativos	447.650	0	895.300	0
	A4.4	Mejora de técnicas de formación	1.608.702	792.672	1.608.702	792.672
	A4.5	Mejora de respuesta en emergencias	1.011.327	0	5.356.662	0
		Total Programa 4	5.784.446	869.344	21.253.360	1.477.814
5 PROTECCIÓN RADIOLOGICA DE LAS PERSONAS	A5.1	Modelos de estimación de dosis (dosimetría interna)	184.060	79.634	344.080	159.268
	A5.2	Técnicas de dosimetría (dosimetría externa)	249.108	33.435	617.826	684.695
	A5.3	Desarrollo de técnicas de reducción de dosis (ALARA)	501.930	35.110	501.930	35.110
	A5.4	Estudios epidemiológicos	0	0	0	0
		Total Programa 5	935.098	148.178	1.463.836	261.247
6 EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL	A6.1	Eval. términos fuente y dosis ambientales en oper. normal y emerg.	72.122	24.041	144.243	48.081
	A6.2	Radiación natural en entornos de centrales	10.217	0	31.853	0
		Total Programa 6	82.339	24.041	176.096	48.081
7 OPTIMIZACIÓN DEL IMPACTO RADIOLOGICO	A7.1	Técnicas de gestión de materiales y residuos	36.061	36.061	108.182	108.182
	A7.2	Caracterización de materiales susceptibles de desclasificación	44.114	0	132.343	0
		Total Programa 7	80.175	36.061	240.525	240.525
8 COMBUSTIBLE GASTADO Y RESIDUOS DE ALTA ACTIVIDAD	A8.1	Almacenamiento temporal de combustible irradiado	31.854	0	1.094.744	0
		Total Programa 8	31.854	0	1.094.744	0
9 CENTRALES AVANZADAS	A9.1	Especificaciones técnicas para futuras centrales nucleares	2.871.151	663.463	4.994.706	789.442
	A9.2	Proyectos de desarrollo de reactores	2.346.688	663.463	4.425.133	789.442
		Total Programa 9	5.217.839	1.326.925	9.419.838	1.578.884
10 ESTUDIOS HISTÓRICO-SOCIOLÓGICOS		Total Programa 10	0	0	0	0
11 GESTIÓN DE VIDA	A11.1	Definición de criterios genéricos de gestión de vida	126.619	126.619	219.340	219.340
	A11.2	Seguimiento on-line de vida	1.374.205	313.651	5.572.440	1.473.886
	A11.3	Vigilancia, inspección y reparación de componentes críticos	370.573	124.364	392.301	146.093
		Total Programa 11	1.871.396	438.016	6.184.081	1.619.379
	A12.1	Desarrollo de técnicas para optimización del mantenimiento	3.184.206	1.185.464	11.350.523	4.579.981
	A12.2	Mejora de sistemas de ayuda a la explotación	339.068	4.522	1.348.263	260.772
12 MEJORA DISPONIBILIDAD DE PLANTA Y PRACTICAS OPERATIVAS	A12.3	Aplicación de tecnología digital a sistemas de IYC	705.677	112.768	598.837	145.015
	A12.4	Robótica	3.047.492	0	5.477.204	0
		Total Programa 12	7.276.443	1.302.754	18.774.826	4.985.768
13 REACTORES DE FUSIÓN NUCLEAR	A13.1	Confinamiento magnético	0	0	0	0
	A13.2	Confinamiento inercial	0	0	0	0
		Total Programa 13	0	0	0	0
		TOTAL	44.503.884	10.703.485	238.623.821	79.654.409
						318.278.230

todavía de suficientes datos experimentales, dado el tiempo necesario para su acopio.

El Programa de Combustible Nuclear tiene como objetivo profundizar en el conocimiento de esos aspectos para asegurar una operación fiable y segura del combustible ante las nuevas demandas. El programa cuenta con la participación de diferentes empresas eléctricas y centrales nucleares, junto con fabricantes, ingenierías, organismos de investigación y el CSN.

Programa 2: BARRERA DE PRESIÓN

Las áreas cubiertas por este Programa intentan responder a los retos tecnológicos planteados por la fenomenología de los procesos que tienen lugar dentro de la barrera de presión del sistema refrigerante del reactor, así como por los materiales constitutivos de ésta.

Programa 3: CONTENCIÓN Y ACCIDENTES SEVEROS

El objetivo principal de este Programa es avanzar en el conocimiento de la fenomenología de los accidentes severos y estudiar la influencia del sistema de contención en la liberación de productos radiactivos al exterior, lo cual es fundamental para el desarrollo de herramientas de ayuda a la gestión de accidentes severos y para la mejora de las ya disponibles de predicción y simulación de la fenomenología de estos accidentes.

Programa 4: APS Y FACTORES HUMANOS

El Programa de APS y Factores Humanos centra su objetivo en la utilización de estas herramientas para la correcta valoración, en cuanto a su importancia para la seguridad, de los diferentes aspectos de la explotación de la central, al objeto de dedicar con preferencia los recursos a las cuestiones verdaderamente importantes; para la mejora de los procesos reguladores, y para el desarrollo de una regulación informada por el riesgo.

Programa 5: PROTECCIÓN RADIOLÓGICA DE LAS PERSONAS

Este Programa tiene como objetivo mejorar el conocimiento de los niveles de exposición a que están sometidas las personas que desarrollan su actividad en las centrales nucleares, así como el desarrollo de técnicas de formación y de medidas técnicas para la reducir al mínimo esta exposición.

No se incluyen en este Programa áreas tales como el estudio de los efectos biológicos de la radiación a nivel celular, por entender el Sector Eléctrico

que se trata de actividades de investigación básica, cuyo ámbito de aplicación trasciende a las centrales nucleares y están adecuadamente tratadas en el ámbito nacional.

Programa 6: EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

Este Programa tiene como objetivo la mejora de la estimación del impacto radiológico de la operación de las centrales nucleares sobre su entorno y el desarrollo de herramientas para reducir al mínimo dicho impacto en situación de accidente.

No se incluyen en este Programa áreas tales como modelos generales de estimación de dosis para otro tipo de instalaciones, calidad radiológica del medio (agua, etc.) o definición de la protección radiológica ambiental, por entenderse que su desarrollo no corresponde al Sector Eléctrico.

Programa 7: OPTIMIZACIÓN DEL IMPACTO RADIOLÓGICO

Este programa tiene como objetivo desarrollar tecnologías y prácticas para reducir el impacto radiológico asociado a la gestión de los residuos de las centrales nucleares. Es importante señalar que el impacto debido a las descargas de efluentes de las centrales nucleares está por debajo no sólo de los límites establecidos, sino también de los niveles admitidos como ALARA. En consecuencia, las áreas temáticas de este Programa se centran en la gestión de residuos radiactivos y, en concreto, en las nuevas técnicas de tratamiento, caracterización y reducción del volumen de los mismos.

En las áreas consideradas, los proyectos presentan la conveniencia de consensuar, desde el principio, los nuevos desarrollos con el CSN y ENRESA, ya que las prácticas deben ser autorizadas y compartidas por ambos organismos, proveyéndose además fuentes de financiación adicionales.

Otras áreas del ámbito de este Programa, como el tratamiento de áreas afectadas por accidentes, no están incluidas en el mismo por entender el Sector Eléctrico que la responsabilidad sobre su desarrollo corresponde al CSN y a otros organismos.

Programa 8: COMBUSTIBLE GASTADO Y RESIDUOS DE ALTA ACTIVIDAD

Si bien esta Programa tiene interés para las centrales nucleares, se entiende que el promotor principal de la misma en España es ENRESA como responsable final de este tema.

El Sector Eléctrico, en esta materia, ha trabajado y trabajará en aspectos de ingeniería tendentes a dar solución al problema del almacenamiento temporal de los elementos de combustible gastados. Merece destacar el caso resuelto de CN de Trillo con el diseño, licenciamiento y construcción de un almacenamiento en seco.

Programa 9: CENTRALES AVANZADAS

Este Programa tiene como objetivo disponer de diseños de reactores seguros, competitivos y licenciados en un plazo coherente con las necesidades españolas de construcción de nuevas centrales nucleares.

El Programa ha sido liderado, desde su inicio, por el Sector Eléctrico, siendo DTN la empresa que ha tenido encomendada hasta fechas recientes la misión de promover y coordinar las actividades del Sector Eléctrico en este campo.

Programa 10: ESTUDIOS HISTÓRICO-SOCIOLÓGICOS

No hay una gran tradición de realización de actividades de I+D+I en esta materia y, aunque está contemplada en el informe global, no se han desarrollado proyectos específicos al respecto. Independientemente de lo anterior, primeramente, a través de la Comisión de Comunicación de UNESA y actualmente en el Foro Nuclear, se vienen realizando actividades en esta materia, que realmente no pueden considerarse de I+D+I, sino de aplicación de técnicas de comunicación.

Tampoco existe una tradición de participación del Sector Eléctrico en proyectos internacionales de I+D+I en esta materia, aunque sí de colaboración en proyectos de comunicación a nivel comunitario.

Programa 11: GESTIÓN DE VIDA

El objetivo de este Programa es la mejora de las herramientas que apoyan la aplicación de la metodología y el desarrollo de los planes de Gestión de Vida en las centrales nucleares, tanto por la vía de la optimización de los algoritmos para predicción del comportamiento de estructuras, sistemas y componentes críticos (y la búsqueda de algoritmos nuevos), como por la del aprovechamiento de las experiencias de otras centrales nucleares que por su tiempo de funcionamiento han acumulado un importante conocimiento en esta área (a través de los Grupos de Propietarios y centros de I+D). Todo ello con el propósito de mejorar la posición del Sector Eléctrico en los estudios

y análisis de una operación de las centrales más allá de su inicialmente prevista vida de diseño (operación a largo plazo).

Programa 12: MEJORA DISPONIBILIDAD PLANTA Y PRÁCTICAS OPERATIVAS

Este Programa tiene como objetivo apoyar las actuaciones en curso de modernización de las centrales nucleares, teniendo en cuenta la vida útil esperada de las mismas y las experiencias internacionales. Así mismo, estos desarrollos son en muchos casos la base para mejoras en la disponibilidad y eficiencia de las instalaciones.

Programa 13: REACTORES DE FUSIÓN NUCLEAR

En España, destacan como centros tecnológicos de referencia en este campo, Ciemat, en el área de fusión por confinamiento magnético, y la Universidad Politécnica de Madrid, en el área de fusión por confinamiento inercial.

En el pasado, el Sector Eléctrico ha colaborado en iniciativas relacionadas con la fusión nuclear, aportando fondos a proyectos institucionales sobre el tema. En la actualidad, sin embargo, no hay líneas de financiación abiertas en el Sector Eléctrico para proyectos en el área de la fusión nuclear, si bien las investigaciones a nivel institucional continúan su curso con fondos nacionales.

ANÁLISIS DE LA EXPERIENCIA ACUMULADA Y LECCIONES APRENDIDAS

Del análisis de la ejecución y resultados de los Programas de I+D+I Nucleares anteriormente descritos, se han extraído las siguientes conclusiones y lecciones para el futuro.

Como se ha indicado, el presupuesto total de los proyectos en los que el Sector Eléctrico ha participado, considerando las aportaciones de todos los participantes, tanto nacionales como extranjeros, ha sido del orden de 48 MEuros de media anual. Las aportaciones de los participantes incluyen tanto los fondos propios como las subvenciones obtenidas por ellos. En relación con estas últimas hay que señalar que, independientemente del trabajo que lleva conseguir las y los problemas asociados a su concesión, las subvenciones obtenidas representan un porcentaje despreciable del presupuesto total de los proyectos y son manifiestamente inferiores a las obtenidas por entidades análogas de otros países, teniendo en cuenta el peso de la energía nuclear en

el parque de generación eléctrico.

Se detectan diferencias significativas entre programas en cuanto a la dimensión de los proyectos que los integran. Así, mientras en el Programa de Combustible Nuclear el presupuesto medio por proyecto se halla en torno a los 3 MEuros, en el de Protección Radiológica no llega a los 0,1 MEuros. A este respecto, la experiencia aconseja abordar en el futuro proyectos de mayor dimensión, divididos en fases, si es preciso, y proveer una dirección de proyecto más dedicada, capaz de anticipar y proponer revisiones de orientación del mismo si detecta que los resultados se desvían de los esperados.

En cuanto a su Alcance, los Programas de I+D+I nucleares descritos cubren la práctica totalidad de las áreas de interés para el Sector Eléctrico teniendo en cuenta la tecnología nuclear instalada en las centrales nucleares españolas. La evolución de la tecnología va poniendo de manifiesto, no obstante, nuevas inquietudes que se identifican adecuadamente en cada Programa.

La participación del Sector Eléctrico en los diferentes Programas se considera ajustada al objetivo. En algunos de ellos, como se ha visto, la presencia del Sector Eléctrico es pequeña o inexistente por entender el Sector que en esas áreas la responsabilidad de la resolución de los problemas asociados corresponde a otros agentes.

Asimismo, la participación del Sector Eléctrico en los diversos Programas se realiza en conjunción con otros agentes nacionales e internacionales que aportan su especialización en aras de encontrar una combinación óptima de recursos en cada proyecto. La participación en programas internacionales presenta la ventaja de disponer de una mayor potencia técnica para la resolución de los problemas, siendo el efecto multiplicador sobre la inversión mucho mayor que en proyectos exclusivamente nacionales. Además, dicha participación contribuye a la actualización y mejora de nuestros propios centros tecnológicos.

Dentro de los programas internacionales, son los de las centrales nucleares norteamericanas -EPRI, WOG y BWROG- los que más se ajustan a la problemática de las centrales españolas, generando productos de aplicación directa a las mismas. Actualmente, el Sector participa en los Programas de EPRI que se consideran de mayor interés, y está analizando incrementar su participación en dicho organismo, lo que permitiría participar en la definición de sus líneas de investigación y acceder a los resultados de la investigación que ha realizado.

Los programas europeos también responden a los intereses del Sector Eléctrico siempre y cuando la industria esté presente en su definición. Si esta presencia no se materializa, el resultado es que sus líneas de investigación resultan aparentemente trazadas más para el mantenimiento de los centros de investigación nacionales que para lograr productos de aplicación real en la industria. Ello confirma que la falta de presencia activa de la industria en los órganos de decisión de la orientación de estos programas condiciona totalmente los retornos de este esfuerzo inversor.

Respecto a los actores, en los trece Programas de I+D+I nucleares descritos, hay que destacar la importante participación de los centros tecnológicos de referencia nacionales (entre otros, Ciemat, Universidades Politécnicas, Tecnatom y empresas de ingenierías especialistas). Estas instituciones han sabido situarse a la vanguardia de estos conocimientos, tanto a nivel nacional como internacional, siendo necesario dotar a estas instituciones de actividades e incentivos para el mantenimiento de ese fondo tecnológico como un patrimonio nacional, más que sectorial. No obstante, se observa una dispersión de los recursos dirigidos a potenciar aquellos centros tecnológicos que resulten de mayor interés. Este aspecto debe tenerse en cuenta en la selección de futuros colaboradores.

Con referencia a la Explotación de resultados, desde el punto de vista del Sector Eléctrico, los proyectos de I+D+I nucleares de mayor interés son los que generan productos, métodos y resultados directamente aplicables a una explotación más segura y económica de las centrales nucleares. Por esta razón, el Sector Eléctrico promueve preferentemente proyectos de investigación aplicada, participando también en proyectos de interés con resultados a más largo plazo.

En este sentido hay que señalar que en algunos proyectos se ha detectado una falta de conexión entre los resultados de la investigación a escala de centro tecnológico y la operativa diaria de la central nuclear. Esta falta de conexión, muchas veces no planteada a priori en la definición del proyecto por la incertidumbre acerca de los resultados de la investigación y otras debida a la no participación del usuario final en la definición del mismo, se intenta corregir después con segundas fases, de difícil aceptación en general. Ello obliga a las centrales nucleares interesadas en la aplicación de los resultados o a los posibles explotadores de los mismos a realizar esfuerzos individuales,

algunas veces redundantes, y generalmente ineficaces, para aplicar los resultados del proyecto, o bien a plantearse el adquirir una tecnología equivalente pero ya aplicable a suministradores extranjeros.

Otra carencia relacionada con lo anterior, que se detecta en algunos proyectos, se refiere a la inexistencia de centros tecnológicos sectoriales en los que pudiera residir el conocimiento adquirido como resultado de los proyectos, aportando estos centros la dimensión comercial y de aplicación del mismo.

Desde la óptica de la Gestión de proyectos, la Comisión de Tecnología y Seguridad de UNESA actúa como elemento coordinador y gestor de las propuestas de proyectos de I+D+I nucleares, tanto individuales como conjuntas, planteadas por las centrales nucleares o en el seno de UNESA. Asimismo, está informada de las promocionadas por Tecnatom y DTN.

La Comisión de Tecnología y Seguridad tiene capacidad para aprobar, rechazar o sugerir modificaciones a las propuestas provenientes de las centrales nucleares o de otras comisiones o grupos de trabajo de UNESA. Estas modificaciones pueden ir en la línea de integrar otros actores, revisando si fuera preciso, el alcance del proyecto para que cubran también sus necesidades, o bien en la de revisar el planteamiento de la explotación de los resultados. Asimismo, la Comisión tiene capacidad para sugerir la inclusión de un proyecto en alguno de los programas compartidos, nacionales o internacionales, en curso.

Estas capacidades se apoyan en la designación de un responsable del Sector para Programa o conjunto de Programas relacionados. Éste debe ser capaz de conocer en profundidad la problemática de las centrales nucleares en esa área y las capacidades y posibles iniciativas nacionales e internacionales para su resolución.

Por otra parte, en lo que respecta al Programa Coordinado de Investigación (PCI) entre UNESA y el CSN, en marcha desde Septiembre de 1997, independientemente de diversas dificultades para su gestión, los objetivos y proyectos han permitido profundizar en áreas del conocimiento de interés común para el Sector Eléctrico y el CSN, manteniendo abiertas líneas de comunicación y desarrollo conjunto entre ambas instituciones en un ámbito distinto al estricto de licencia.

El seguimiento del PCI se realiza a través del Grupo Mixto CSN-UNESA, dependiente del Comité Estratégico Paritario del PCI. Por parte del CSN

existen unos responsables de Programa que actúan como interlocutores directos con los responsables de Programas del Sector.

En resumen, se pueden citar, entre los beneficios del Programa de I+D+I del Sector Eléctrico, los siguientes:

- La participación en proyectos internacionales ha posibilitado la adquisición y asimilación de los productos generados en dichos proyectos, ha permitido la aportación de proyectos nacionales como contribución a dichos proyectos internacionales, y ha supuesto el reconocimiento de la capacidad técnica del sector nuclear español por parte de la comunidad internacional.

- La realización de proyectos de I+D+I nucleares conjuntamente con el CSN redundan en una mayor fluidez de las relaciones entre operador y regulador y favorece el entendimiento en aspectos no del todo consolidados o en los que existen discrepancias.

- La participación conjunta de empresas explotadoras, de ingeniería y servicios, y organismos académicos y de investigación en los proyectos resulta extraordinariamente enriquecedora para todos los participantes y redundan en un alcance más completo de los mismos.

- La realización de proyectos de I+D+I nucleares mantiene la capacitación y experiencia del personal del sector nuclear español y reduce la demanda de expertos extranjeros para la resolución de los problemas de las centrales españolas.

- El esfuerzo inversor potencia el atractivo del mundo nuclear en una sociedad que lo percibe como de escaso interés, por los aspectos negativos que tiene la energía nuclear en la opinión pública.

ESTRATEGIAS DE LA I+D+I NUCLEAR DEL SECTOR ELÉCTRICO

La propuesta de la estrategia futura de la I+D+I nuclear del Sector Eléctrico se estructura de acuerdo con las fases típicas de un proyecto: generación, gestión y explotación de resultados.

Es importante destacar que el alcance de esta propuesta se extiende, en principio, a las actividades de I+D+I nucleares promovidas por las centrales nucleares de forma individual o conjunta a través de UNESA, WOG o BW-ROG. No entran dentro del alcance de esta propuesta las actividades de I+D+I de Tecnatom, DTN o las que empresas eléctricas realicen individualmente, si bien estas empresas han de mantener

periódicamente informada a la Comisión de Tecnología y Seguridad de UNESA sobre sus realizaciones y planes de I+D+I.

A) Generación de proyectos

Las características específicas del Sector Eléctrico (propiedad compartida de las centrales, afectación de problemas de seguridad ajenos, etc.) propicia una fuerte coordinación entre éstas, que también debe extenderse de forma estructurada a las actividades de I+D+I.

El esquema de coordinación establecido pretende responder a las siguientes premisas:

- Asegurar que se cubren todas las áreas de interés identificadas en los Programas del Catálogo, teniendo en cuenta los programas nacionales e internacionales existentes, al objeto de optimizar el uso de recursos.

- Identificar claramente, en el planteamiento de los proyectos, los productos finales a obtener como resultado de los mismos, procurando que sean de aplicación directa a la operación de las centrales o identificando la manera de llegar posteriormente a esa aplicación y los fondos adicionales necesarios para ello. Es decir, en la memoria de los proyectos debe especificarse de forma clara la aplicabilidad de los resultados esperados, su propiedad y su esquema de explotación/comercialización.

- Promover la participación de todo el tejido industrial nuclear, en especial de las centrales nucleares, empresas de ingeniería, empresas de servicios, fabricantes, centros de investigación y universidades.

- Promover la realización de proyectos conjuntos con el CSN u otras entidades en temas de interés común (PCI u otros).

- Preservar el conocimiento, la capacitación técnica y la experiencia del personal del Sector Eléctrico y preparar a futuras promociones de profesionales.

- Dar prioridad a los proyectos de I+D+I nucleares cuyo objetivo sea disponer a corto/medio plazo de productos/procedimientos que puedan mejorar la seguridad o disponibilidad de las centrales con una relación coste/beneficio alta.

- Promover una participación inteligente en proyectos u organizaciones internacionales, entendiendo por tal aquella que permita cubrir en mayor grado los criterios indicados anteriormente y favorezca la aportación de proyectos nacionales propios.

De acuerdo con los criterios anteriores, actualmente las áreas de I+D+I nucleares de mayor interés para el Sector Eléctrico son las siguientes:

- Programa de **COMBUSTIBLE NUCLEAR**:

- Comportamiento del combustible de alto quemado.

- Programa de **BARRERA DE PRESIÓN DEL CIRCUITO PRIMARIO**:

- Validación de códigos/modelos para operación normal y accidente.
- Reducción de incertidumbres en curvas presión-temperatura.
- Comportamiento de materiales y técnicas de inspección/repación.

- Programa de **GESTIÓN DE VIDA**:

- Estudios de fenómenos de envejecimiento.
- Metodología base para soportar la operación a largo plazo.

- Programa de **MEJORA DE DISPONIBILIDAD DE PLANTA Y DE PRÁCTICAS OPERATIVAS**:

- Metodología de análisis de defensa en profundidad y diversidad.

- Programa de **CONTENCIÓN Y ACCIDENTES SEVEROS**:

- Participación y seguimiento de modelos para mejora de códigos aplicables en análisis de seguridad.

- Programa de **APS Y FACTORES HUMANOS**:

- Aplicación de APS a optimización de la operación, inspección y mantenimiento.
- Factores humanos e impacto de la organización en la seguridad.

- Programa de **ESTUDIOS HISTÓRICO-SOCIOLÓGICOS**: Estudios para corregir la deformación y desinformación en la opinión social sobre la energía nuclear.

- Programa de **PROTECCIÓN RADIOLÓGICA DE LAS PERSONAS**:

- Nuevas técnicas y modelos dosimétricos.
- Mejora en la aplicación del principio de optimización.

- Programa de **EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL**:

- Avance en los métodos de cálculo realistas de dosis a la población.

- Programa de **OPTIMIZACIÓN IMPACTO RADIOLÓGICO**:

- Técnicas de reducción de volumen y caracterización de residuos.

- Programa de **COMBUSTIBLE GASTADO Y RESIDUOS DE ALTA ACTIVIDAD**:

- Estudio de alternativas para almacenamiento temporal y definitivo.

- Programa de **CENTRALES AVANZADAS**: Mantenimiento de la vigencia, certificación y armonización de los diseños, y su adaptación a Europa.

B) Gestión de proyectos

Cada proyecto tiene una vida propia de acuerdo con sus características (Comité de Dirección, director de proyecto, representantes internacionales, etc.), pero es necesario que el responsable de cada programa cuente con información actualizada de cada uno de los proyectos que lo integran, al objeto de informar con prontitud a la Comisión de Tecnología y Seguridad de posibles modificaciones de alcance, participación, etc., que pudieran requerirse.

En el caso de proyectos compartidos por varias centrales, los presupuestos de los mismos pueden gestionarse a través de la Comisión de Tecnología y Seguridad. Eventualmente, esta fórmula puede dar lugar a que los esfuerzos de I+D+I de las centrales que afecten a más de una se centralicen a través de las estructuras del Comité de Energía Nuclear de UNESA, contando con los recursos humanos de las centrales para la gestión y seguimiento de los proyectos.

C) Explotación de resultados

La gestión de los productos de los proyectos debe responder a las orientaciones dadas en el apartado A), con un esquema claro de propiedad y explotación/comercialización de los mismos.

Debe mejorarse el sistema para la gestión documental de los productos de los proyectos, que facilite el acceso a los informes finales y técnicos de los mismos, e identificarse los depositarios de la tecnología desarrollada y su capacidad de aplicación de la misma.

Para ello, la Comisión de Tecnología y Seguridad debe mantener actualizado el Catálogo de Proyectos, desarrollando una herramienta informática adecuada para que, a partir del mismo, sea posible acceder a esta documentación.

También se promociona el registro de patentes y conocimientos que se considere de interés, como parte de la explotación de los resultados.

AGRADECIMIENTOS

Se desea expresar el agradecimiento a los miembros de la Comisión de Tecnología y Seguridad de UNESA por su contribución al Informe sobre "Situación actual de los Programas de I+D+I nuclear en el Sector Eléctrico español y estrategias futuras", que ha servido de base para la elaboración de este artículo. El citado informe se encuentra disponible en la Web de UNESA (www.unesa.es).



Lorenzo FRANCIA es ingeniero industrial por la Universidad Politécnica de Madrid (1983) y diplomado en Negocio Energético por ICAD (1994).

Durante seis años trabajó en la Cátedra de Tecnología Nuclear de la E.T.S. Ingenieros Industriales (UPM) en proyectos relacionados con Análisis Probabilistas de Seguridad de centrales nucleares y con la evaluación de almacenamientos de residuos radiactivos. En 1990 se incorpora a la Dirección Nuclear de UNESA (Asociación Española de la Industria Eléctrica), trabajando durante los tres primeros años en el área de gestión de residuos radiactivos de centrales nucleares. Desde entonces, estuvo ligado al área de Operaciones y Explotación de centrales nucleares (mantenimiento, repuestos, calificación de equipos, etc.) y, actualmente, es coordinador del área de Tecnología y Seguridad, siendo responsable de temas como gestión de vida, materiales, combustible nuclear, proyectos I+D, códigos de cálculo, y otros desarrollos tecnológicos. Pertenece y participa en varios grupos de trabajo y comités internacionales del OIEA, el CSNI de la NEA-OECD y WANO. Es miembro de la SNE.



Montserrat CASERO PAGE es ingeniero industrial por la ETSII de Madrid y Master en la Unión Europea por la UPM. Inició su actividad profesional en UNESA en 1991, dentro del Programa de Centrales Nucleares Avanzadas. En 1994, pasó en comisión de servicios al área de Centrales Avanzadas de DTN. Ha sido jefe de los proyectos EBWR (1998-2001) y EUR (European Utility Requirements for LWR NPPs) (2001-03) y representante de DTN en el Grupo de Administración de este último; lideró el Grupo EUR de evaluación del diseño ABWR de General Electric y participó en los de los diseños EPR de Framatome y EPP de Westinghouse. Prestó apoyo al presidente del International Nuclear Societies Council durante el periodo 1997-98 y colaboró en la organización del congreso internacional ICAPP'03. En agosto de 2003, se incorporó de nuevo a la Dirección de Energía Nuclear de UNESA.