Adolfo GONZALEZ DE UBIETA CARASA es Doctor Ingeniero Industrial (1965, Promoc. 109) por la ETS de Bilbao. Entre enero de 1966 y septiembre de 1967 se ocupó del desarrollo en ASINEL de un proyecto de Laboratorio de Potencia. En octubre de 1967 se incorporó a IBERDUERO. Obtuvo el Diploma de Ingeniería Nuclear en 1968 por el IEN de Madrid. Entre octubre de 1968 y febrero de 1970 realizó su especialización nuclear en los EEUU, con General Electric. De marzo de 1970 a septiembre de 1971 participó en el arranque de la CN Sta. M.ª de Garoña. Desde octubre de 1971 hasta octubre de 1981 participó en los proyectos de las centrales nucleares de Lemóniz y Sayago, habiendo desempeñado el cargo de Jefe de la Sección Nuclear. En noviembre de 1981 se incorporó a UNESA, donde actualmente es Jefe del Departamento de Planificación. Es miembro de varios grupos de expertos de UNIPEDE en relación con las previsiones eléctricas a largo plazo y el equipamiento en el ámbito de la Comunidad Europea y es Vicepresidente del Centro de París de la organización nuclear mundial WANO.

SITUACION ACTUAL Y PERSPECTIVAS

INVESTIGACION NUCLEAR EN EL SECTOR ELECTRICO

A. GONZALEZ DE UBIETA - J. E. DIEZ

José Enrique DIEZ MORENO es licenciado en Ciencias Físicas por la Universidad Complutense de Madrid en 1964. Hasta primeros de 1986 trabajó en la Junta de Energía Nuclear, siendo Supervisor de Operación de los reactores JEN-1 y JEN-2, responsable de la Instrumentación y Control, y Jefe del Grupo de Mantenimiento. Ha sido profesor en el Instituto de Estudios Nucleares y participado en proyectos nacionales e internacionales de diseño y modificación de reactores experimentales. Actualmente pertenece al Departamento de Planificación de UNESA como Coordinador de Investigación y Desarrollo en el área nuclear. Desde abril de 1989 es Presidente del Comité de Dirección del Banco Europeo de Datos de Componentes (CEDB).

INTRODUCCION

La investigación nuclear en el Sector Eléctrico comenzó con la explotación de las primeras centrales nucleares a fin de dar respuesta adecuada a un conjunto de necesidades de diversa índole asociadas a dicha explotación, tales como disponer de herramientas para análisis de seguridad, desarrollar equipos y técnicas de inspección, estudiar el comportamiento de los materiales, y conocer determinados mecanismos de fallo.

Sin embargo, ha sido en esta década, al ir entrando los casi 7.000 MW de potencia en la segunda y tercera generaciones, cuando se han realizado esfuerzos significativos para sistematizar y coordinar la investigación, habida cuenta de la creciente magnitud y diversificada naturaleza de los problemas que han ido apareciendo o de las necesidades previstas.

Estos esfuerzos han cristalizado en la preparación y realización de los diferentes proyectos que constituyen el actual Programa Global de I+D nuclear del Sector Eléctrico.

ESTRATEGIAS DE I+D NUCLEAR

El Programa Global de I+D Nuclear del Sector Eléctrico de junio de 1987 está concebido básicamente como un documento director de la investigación nuclear institucional que permita atender los compromisos del Sector, facilite la gestión de los proyectos en curso y establezca una proyección futura. Además pretende dar cumplimiento al punto 6.° del "Acuerdo sobre el programa de actuación a medio plazo del Sector Eléctrico", suscrito por el Ministerio de Industria y los presidentes de las Empresas Eléctricas en febrero de 1986, en lo relativo a la adopción por parte de los propietarios de Centrales Nucleares de las medidas necesarias para el establecimiento de un Programa Global de Investigación y Desarrollo.

CRITERIOS DE ACTUACION

Para la realización de los proyectos, que son financiados con fondos del Sector Eléctrico, bien procedentes del porcentaje específico (0,3) de la recaudación por venta de energía, o bien aportados directamente por las empresas, se ha contado con la participación del Sector, la Industria y los Servicios, y la Universidad y las Instituciones de Investigación.
El Sector Eléctrico interviene con el doble papel de financiación y de ejecutor.
Dirige y controla el desarrollo de los proyectos que financia y es el propietario de los resultados que se obtengan. En los casos en que el Sector sea confinanciador, será propietario de los resultados en proporción a su participación y tendrá derechos de reproducción o acceso a las patentes sobre cualquier proceso, producto o documento.
Como ejecutor, el Sector contribuye al desarrollo de los trabajos con sus medios materiales y humanos. Los medios materiales se adecúan con el criterio de que sirvan como dotación para las investigaciones futuras y los medios humanos se utilizan con el criterio de formación de técnicos para la explotación de los resultados por el propio Sector o para la realización de futuras investigaciones.
Para aquellos proyectos de investigación en que es posible un desarrollo a corto plazo se confía, parcial o totalmente, su realización a la industria (fundamentalmente de equipo) y a los servicios (ingeniería, consultoría, montaje, etc.).
El Sector trata, en lo posible, de asegurar la participación de los contratistas en la financiación de los proyectos de investigación como mecanismo que posibilite una mejor explotación de los resultados. Ello, además, permite que los fondos para I+D tengan un efecto de arrastre, incrementándose así la dotación aplicable a la investigación eléctrica. Existe otro tipo de proyectos, en general a largo plazo, que no se podrían acometer con cargo exclusivo a los fondos del Programa de Investigación de UNESA, dada su envergadura, y en los que el interés del Sector no justifica una posición de liderazgo, sino su participación minoritaria en proyectos en las empresas de bienes de equipo o de la Administración.
Cuando no existe industria específica para el objetivo propuesto, se acude al concurso de la Universidad y de Instituciones de I+D. En el caso de Universidad, el Sector estudia la adquisición de medios que potencien su capacidad de investigación. Asimismo se dotan de becas de investigación con el fin de que la Universidad suplemente los recursos humanos del equipo docente dedicados a I+D.
Con las Instituciones de Investigación existe una política de cofinanciación y coparticipación en los proyectos de I+D.

OBJETIVOS DEL PROGRAMA

Los objetivos de investigación fijados en el Programa Global resultan de la revisión y actualización de las estrategias definidas en el anterior Programa de Investigación de UNESA y de la incorporación de las estrategias de Investigación de OCIDE, teniendo en cuenta, además, programas, estrategias y tendencias de investigación actuales y las directrices de política energética contenidas en el vigente PEN.
Fundamentalmente se persigue mejorar la explotación de las centrales tanto desde un punto de vista económico como de seguridad y adquirir y desarrollar tecnología, lo que se ha plasmado con cinco objetivos específicos:

— Aumento del rendimiento de las instalaciones.
— Aumento de la seguridad.
— Control y vigilancia del impacto ambiental.
— Desarrollo de tecnología de combustible.
— Adquisición de tecnologías propias que conlleven reducción de la dependencia exterior.

LINEAS DE INVESTIGACION

Se ha estimado que estos cinco objetivos pueden ser desarrollados en cuatro líneas básicas de investigación:

— Construcción y explotación de Centrales, que abarca aquellos proyectos relacionados con el aumento del factor de utilización, fiabilidad humana, control y vigilancia radiológicos, extensión de vida, reducción de costos y plazos de construcción y residuos radiactivos.
— Seguridad, en la cual se consideran tres áreas fundamentales, como son análisis de riesgo, transitorios termohidráulicos y accidentes severos.
— Materiales, que comprende los proyectos relacionados con generación de daños y fenómenos de degradación, materiales de vasija, combustible nuclear y ensayos no destructivos.
— Nuevas tecnologías, en la que se incluyen reactores avanzados, reactor rápido y fusión nuclear.

SITUACION ACTUAL. PROYECTOS EN CURSO

En la actualidad, el Progama Global se concreta en un conjunto de dieciséis proyectos que abarcan las cuatro líneas de investigación citadas.
En la línea de explotación se encuentran los proyectos:

— **Modelos Avanzados de Simulación,** cuyo objetivo es actualizar los modelos de CC.NN., de agua ligera PWR y BWR, incorporados en los simuladores de Tecnatom, para mejorar la simulación de condiciones normales y accidentales de operación con vistas al entrenamiento del operador. El presupuesto total del proyecto es de 922 millones de pesetas y está cofinanciado por el Sector Eléctrico y Tecnatom, siendo este último el ejecutor principal.
— **Cámara de Simulación de LOCA,** cuyo objetivo es la construcción de una cámara de simulación de las condiciones ambientales que se producen en accidentes severos en CC.NN., PWR y BWR, para calificación ambiental de equipos relacionados con seguridad. Su presupuesto es de 165 millones, financiados exclusivamente por el Sector, y el ejecutor es Tecnatom.
— **Proyecto DACNE,** para el diseño y puesta en operación de un conjunto nacional de banco de datos de CC.NN. que permita ordenar la información de tipo energético, producir datos e informes sobre incidentes operativos y proporcionar datos de fiabilidad necesarios para los APS. El presupuesto inicial es de 50 millones de pesetas, financiados por el Sector, y nuevamente Tecnatom actúa como ejecutor principal.

En la línea de seguridad figuran los siete proyectos siguientes:

— **Análisis Cuantitativo del Riesgo Nuclear,** con el objetivo de desarrollar conocimientos, herramientas de cálculo y metodología para cuantificar el riesgo de CC.NN. con reactores de agua ligera. El presupuesto es de 344 millones, financiado por el Sector Eléctrico. Como ejecutores principales intervienen el Departamento de Tecnología Nuclear de la UPM, UITESA, Tecnatom y el CIEMAT.
— **Proyecto LOFT-España,** que tiene como objetivo participar en el Programa experimental OCDE/LOFT sobre transitorios termohidráulicos y comportamiento de productos de fisión en caso de accidente severo. El presupuesto es de 938 millones de pesetas y está cofinanciado y ejecutado por el CIEMAT, CSN, DTN-UPM, ENUSA, ENRESA y UNESA.
— **Programa ICAP.** Se trata, asimismo, de un proyecto internacional de validación de los grandes códigos RELAP-5 Mod-2, TRAC-PF1 y TRAC-BF1 para su aplicación a cálculos realistas de transitorios de rotura y accidentes en reactores de agua ligera. El Sector Eléctrico participa en el proyecto a través de un convenio bilateral con el CSN, con un presupuesto de 222 millones de pesetas, financiados por el Sector.
— **Proyecto LACE,** con el objetivo de participar en el Programa LACE, del EPRI, sobre el comportamiento de aerosoles en caso de accidente severo, obtención de bases de datos para validación de códigos y desarrollo de un programa experimental español en conexión con LACE. El presupuesto total es de 342 millones de pesetas y está cofinanciado y desarrollado por CIEMAT,

CSN, DTN-UPM, ENUSA, Tecnatom y UNESA.

— **Proyecto ACE.** Es la continuación del proyecto LACE con los objetivos de proporcionar una base experimental para la filtración, modelar el transporte de yodo, estudiar el proceso de interacción del núcleo fundido y el hormigón y analizar las cargas térmicas y mecánicas a la contención a consecuencia de accidente severo. El presupuesto total es de 225 millones de pesetas y es cofinanciado y ejecutado por las mismas instituciones firmantes del convenio LACE.

— **Proyecto PHEBUS.** Es un proyecto internacional con el objetivo de analizar el comportamiento del combustible en secuencias accidentales con daño severo del núcleo, liberación de productos radiactivos y conocimiento del combustible deteriorado. El presupuesto global de la participación española es de 374 millones de pesetas y está cofinanciado y ejecutado por CIEMAT, CSN, ENRESA, ENUSA y UNESA.

— **Evaluación de la secuencia accidental de TMI-2.** Programa internacional auspiciado por el CSNI/OCDE con el objetivo de comprender en profundidad los fenómenos que ocurrieron durante el accidente, aplicar este conocimiento a la resolución de los temas técnicos sobre término fuente y accidentes severos y transmitir los resultados del programa al gobierno, a la industria nuclear y al público en general. El presupuesto de la participación española es de 16 millones de pesetas y está cofinanciado por UNESA y el CSN, siendo la Cátedra de Tecnología Nuclear de la UPM el ejecutor principal.

En la línea de materiales se sitúan cuatro proyectos:

— **Corrosión Intergranular,** que tiene como objetivo conseguir un mejor conocimiento del mecanismo de corrosión de tuberías de acero inoxidable del circuito de refrigeración de centrales BWR. Su presupuesto es de 136 millones, financiados por el sector, y el ejecutor principal es el CIEMAT.

— **Fisuración por Corrosión Intergranular.** Es una continuación del proyecto de Corrosión en BWR con el objetivo de estudiar la fiabilidad de soluciones preventivas o correctivas y el comportamiento de materiales alternativos, así como desarrollar técnicas de detección y dimensionado de grietas. El presupuesto total es de 301 millones de pesetas y será cofinanciado y desarrollado por CIEMAT, CINSA, Tecnatom, ENSA y UNESA.

— **Generadores de vapor** pretende obtener soluciones tanto de carácter preventivo como correctivo a los problemas de corrosión en tubos de los generadores de vapor de centrales PWR. El presupuesto total es de 1.555 millones de pesetas y está cofinanciado y desarrollado por CIEMAT, ENSA, Tecnatom y UNESA.

— **Inspección de la vasija de TMI-2.** Proyecto de cooperación internacional en el marco de la OCDE con el objetivo de determinar la respuesta termoestructural de la vasija TMI-2 ante el alojamiento en la misma de aproximadamente 20 toneladas de materiales resultantes de la fusión parcial del núcleo del reactor. Se pretende establecer hasta qué extremo han sido afectadas las propiedades del fondo de la vasija, así como el margen de integridad estructural remanente tras el accidente. El presupuesto es de 19 millones de pesetas y cofinanciación y participan el CSN, Tecnatom, ENSA, CIAT y UNESA.

Finalmente, en la línea de nuevas energías hay dos proyectos de seguimiento y participación en los avances de fusión nuclear en sus dos vertientes de confinamiento magnético y confinamiento inercial:

— **Informe sobre energía de fusión.** Tiene como objetivo realizar estudios y trabajos de formación de personal en el área de Fusión por Confinamiento Magnético de un plasma de alta energía. Elaborar un sistema de información y documentación que permita el seguimiento de esta fuente energética. El proyecto incluye la participación en el programa JET de las Comunidades Europeas y en el proyecto español de Fusión que está llevando a cabo el CIEMAT. La aportación financiera del Sector a este esfuerzo es de 120 millones de pesetas.

— **Fusión por confinamiento inercial.** Tiene como objetivos disponer de conocimientos, técnicas de cálculo y aplicaciones suficientes en relación con la física de los reactores de fusión por confinamiento inercial y con el diseño de microbolas-blanco para dichos reactores, y avanzar en el tratamiento de los aspectos tecnológicos de los reactores del FCI. Desarrollar aplicaciones a corto plazo a reactores LWR. El proyecto tiene un presupuesto de 115 millones de pesetas y es ejecutado por el Instituto de la Fusión Nuclear.

A lo largo del presente año de 1989 se espera la finalización de cuatro proyectos, que son: Corrosión Intergranular, Cámara de Simulación de LOCA, Proyecto LOFT y Proyecto DACNE.

El presupuesto total conjunto de los dieciséis proyectos en desarrollo es de 5.780 millones de pesetas de los que 3.434 millones son financiados por el Sector Eléctrico, parte con fondos del PIE administrados por OCIDE (2.589 millones), y parte directamente por las centrales a través de UNESA (845 millones).

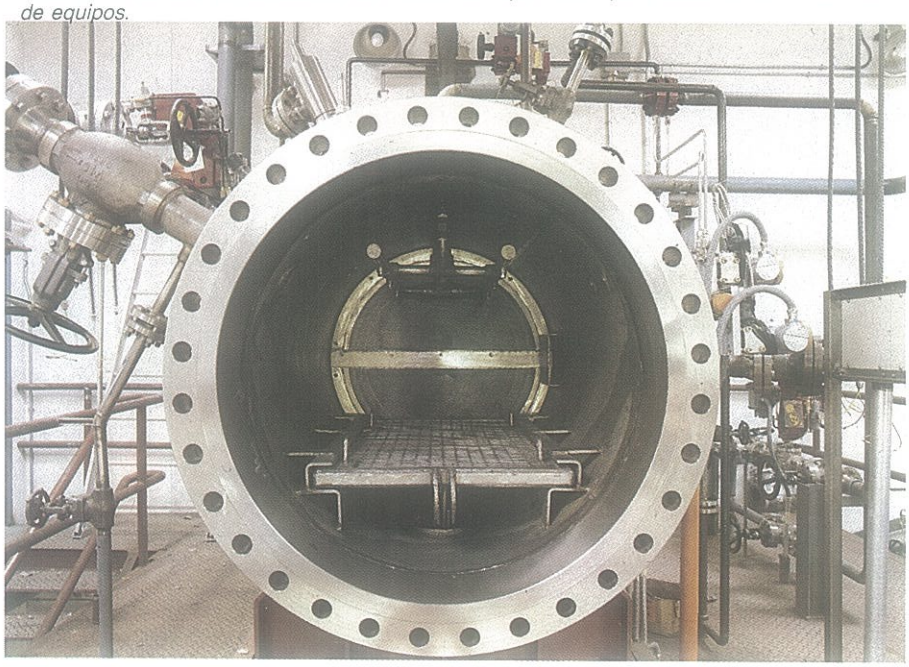
Los restantes 2.346 millones son financiados por otras organizaciones participantes en los proyectos.

Las inversiones totales en el Programa de investigación llevan un ritmo creciente, pasando de 460 millones en 1987 a 540 millones en 1988, y se prevé que el presente año se alcanzará la cifra de 850 millones de pesetas. Unos 40 técnicos del Sector Eléctrico han estado involucrados en la gestión y desarrollo del Programa hasta el presente.

PREVISIONES

El parque nuclear español comprende diez unidades en operación con una potencia instalada de 7.800 MWe y una

Vista de la cámara de simulación de accidentes tipo LOCA para cualificación ambiental de equipos.



Pasa a la pág. 30