

COMISIÓN DE TECNOLOGÍA Y SEGURIDAD

**SITUACIÓN ACTUAL DE LOS PROGRAMAS DE
I+D+I NUCLEAR EN EL SECTOR ELECTRICO
ESPAÑOL Y ESTRATEGIAS FUTURAS**

(Informe y Catálogo de Proyectos de I+D+I)

CONTENIDO

Resumen Ejecutivo	4
1. INTRODUCCIÓN.....	6
2. SITUACIÓN ACTUAL DE LOS PROGRAMAS DE I+D+I	7
2.1. Programa 1: COMBUSTIBLE NUCLEAR.....	7
2.2. Programa 2: BARRERA DE PRESIÓN DEL CIRCUITO PRIMARIO.....	11
2.3. Programa 3: CONTENCIÓN Y ACCIDENTES SEVEROS.....	18
2.4. Programa 4: APS Y FACTORES HUMANOS.....	21
2.5. Programa 5: PROTECCIÓN RADIOLÓGICA DE LAS PERSONAS.....	26
2.6. Programa 6: EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL	31
2.7. Programa 7: OPTIMIZACIÓN DEL IMPACTO RADIOLÓGICO.....	33
2.8. Programa 8: COMBUSTIBLE GASTADO Y RESIDUOS DE ALTA ACTIVIDAD.....	34
2.9. Programa 9: CENTRALES AVANZADAS	35
2.10. Programa 10: ESTUDIOS HISTORICO-SOCIOLÓGICOS.....	38
2.11. Programa 11: GESTIÓN DE VIDA.....	38
2.12. Programa 12: MEJORA DISPONIBILIDAD PLANTA Y PRÁCTICAS OPERATIVAS.....	41
2.13. Programa 13: REACTORES DE FUSIÓN NUCLEAR.....	43
3. ANÁLISIS DE LA EXPERIENCIA ACUMULADA Y LECCIONES APRENDIDAS	44
3.1. GENERAL	44
3.2. ANÁLISIS POR PROGRAMAS ESPECÍFICOS	47
3.3. PROGRAMA COORDINADO DE INVESTIGACIÓN (PCI) ENTRE EL CSN Y UNESA	48
4. PROPUESTA DE ESTRATEGIAS DE LA I+D+I NUCLEAR DEL SECTOR ELECTRICO.....	51
4.1. GENERACIÓN DE PROYECTOS	51
4.2. GESTIÓN DE PROYECTOS	53
4.3. EXPLOTACIÓN DE RESULTADOS.....	53
5. RECOMENDACIONES Y PROPUESTA DE ACCIONES	55
ANEXO: Catálogo de Proyectos I+D+I.....	56

Resumen Ejecutivo

El presente documento recoge el estado actual de los programas de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+I) nuclear en los que está involucrado el Sector Eléctrico español, así como las líneas y estrategias presentes y futuras que se contemplan en esta materia. Asimismo, el documento incluye como anexo el listado con los datos más significativos de los proyectos de I+D+I con participación del Sector nuclear.

Los Programas de I+D+I nuclear y los proyectos asociados, en los que participa el Sector Eléctrico español, cubren la práctica totalidad de las áreas de interés de la tecnología nuclear de las centrales nucleares españolas actualmente en explotación, si bien la evolución de la tecnología va poniendo de manifiesto nuevas inquietudes que se identifican adecuadamente en este documento.

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 **9 MEuros**. El presupuesto total de los proyectos en los que se ha participado, considerando las aportaciones de otras entidades tanto nacionales como extranjeras a estos proyectos, es del orden de **48 MEuros** anuales, lo que da un efecto multiplicador de más de **5** respecto a la inversión realizada.

Se observa que los Programas con mayor número de Proyectos y presupuesto son el de Barrera de Presión (37%), Mejora de Disponibilidad y Prácticas Operativas (16%), APS y Factores Humanos (13%), Combustible Nuclear (13%), Gestión de Vida (4%) y Protección Radiológica (2%), aparte del de Centrales Avanzadas (12%).

Los datos anteriores incluyen la participación del Sector Eléctrico en el Programa Coordinado de Investigación (PCI), suscrito entre UNESA y el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) en Septiembre de 1997. Los proyectos del PCI suponen hasta la fecha una inversión de unos 4,8 MEuros para el Sector (del orden del 11% de la inversión total) en el periodo anteriormente indicado. Asimismo, han permitido profundizar en áreas del conocimiento de interés común entre el Sector y el CSN, manteniendo abiertas líneas de comunicación y desarrollo conjunto entre las citadas instituciones, en un ámbito distinto del estrictamente de licencia.

Es importante destacar que la experiencia demuestra que la participación en programas internacionales presenta la ventaja de compartir una importante potencia técnica para la resolución de los problemas por la participación de personal de las centrales, investigadores y prácticas de múltiples procedencias. Además, tiene un efecto multiplicador de la inversión mucho mayor que en proyectos exclusivamente nacionales, permitiendo a su vez la actualización y mejora de nuestros Centros Tecnológicos nacionales. De ello se deriva la

necesidad de mantener y promocionar la convergencia de intereses del Sector con programas promovidos por la industria eléctrica de otros países que tienen el mismo fin.

Las actividades de I+D+I promovidas por el Sector tienen como objetivo principal generar productos, métodos y resultados lo más directamente aplicables a la explotación más segura y eficaz de nuestras instalaciones nucleares. Por ello, se promueve un mayor número de actividades de investigación aplicada, sin olvidar, sin embargo, la participación en proyectos con resultados de aplicación a más largo plazo.

En el Capítulo 2 se describe el estado actual de los Proyectos en los que participa el Sector nuclear, agrupándose por Áreas y Programas. El contenido de este capítulo recoge la justificación de los proyectos como medio para resolver retos tecnológicos y problemas concretos, así como la identificación de los productos obtenidos o previstos. También se identifican las posibles carencias de proyectos o líneas de proyectos en las Áreas definidas, y una propuesta para su resolución.

Como continuación lógica del anterior, el Capítulo 3 trata del análisis de la experiencia adquirida y las lecciones aprendidas, a raíz de la participación sectorial en los proyectos descritos.

El Capítulo 4 se dedica a esbozar las líneas de interés y las estrategias de la I+D+I nuclear para el Sector Eléctrico. Finalmente, el Capítulo 5 apunta una propuesta de recomendaciones y acciones en esta materia.

1. INTRODUCCIÓN

A finales del año 2001 el Comité de Energía Nuclear de UNESA acordó la elaboración de un catálogo que recogiese todos los proyectos de investigación, desarrollo e innovación (I+D+I) del Sector Nuclear español, para poder evaluar el esfuerzo global que este sector estaba realizando. La Comisión de Tecnología y Seguridad fue la encargada de esta tarea, recopilándose no solo los proyectos gestionados directamente por UNESA, sus Empresas miembro o las Centrales Nucleares, sino de entidades afines como TECNATOM o la DTN.

Como complemento de este Catálogo (ver Anexo), que recoge los proyectos nucleares realizados y en curso promovidos por el Sector Eléctrico (Centrales Nucleares, Empresas Eléctricas, UNESA, Tecnatom y DTN) en el periodo 1998 a 2002, la Comisión acordó, en su reunión celebrada el 3 de Abril de 2002, la elaboración de una primera edición del presente Informe que, clasificando el conjunto de proyectos en 13 Programas, hiciese una descripción del contenido y alcance de cada Programa, la evolución histórica del mismo y una breve descripción de los proyectos actualmente en curso y previstos a corto plazo, agrupados en Áreas.

También se incluyó una reflexión sobre la experiencia del periodo anterior y las estrategias que se proponen para el futuro, para cubrir las necesidades de I+D+I nuclear. Estas estrategias y necesidades han servido para la revisión del planteamiento del Plan Coordinado de Investigación CSN-UNESA (PCI), acordada en el Comité Estratégico Paritario de seguimiento de dicho Plan.

Con el objetivo de mantener actualizado este documento a finales del año 2002 se planteó una revisión del mismo a cargo de los diferentes Responsables de Programas del Sector. Esta revisión, y las sucesivas que se realicen, una vez aprobadas por los estamentos correspondientes, servirán de base para establecer la estrategia del Sector en los esfuerzos conjuntos de I+D+I, tanto en el ámbito nacional como internacional.

2. SITUACIÓN ACTUAL DE LOS PROGRAMAS DE I+D+I

2.1. Programa 1: COMBUSTIBLE NUCLEAR

2.1.1. Áreas cubiertas

En la operación del combustible nuclear se ha buscado en estos últimos años, una gestión cada vez más eficiente desde el punto de vista económico, intentando conciliar esta tendencia con el mantenimiento de estándares de fiabilidad y seguridad aceptables, dentro de los límites impuestos por requisitos y bases de licenciamiento apenas cuestionados. Se entiende que, por la necesidad de adaptarse a un ámbito económico más exigente, ha existido una evolución de las prácticas operativas en los reactores nucleares –y los españoles son un buen ejemplo de ello– orientada a ganar eficiencia, en el sentido de conseguir mejores prestaciones y a un menor coste.

La forma de responder a esta demanda ha consistido en una batería de decisiones bien conocida, como operar en ciclos cada vez más largos, extender el grado de quemado o realizar subidas de potencia. En lo que al combustible nuclear se refiere, éste se ha adaptado al nuevo modo de operar mediante la evolución de su diseño, consistente en una cierta transformación de su morfología y en el cambio de algunos materiales estructurales. Aunque estas modificaciones se han apoyado en una base tecnológica fiable, se identifican algunos aspectos que, por no disponerse de datos experimentales en medida suficiente, dado el tiempo necesario para su acopio, están pendientes de un desarrollo completo. Esta tarea permitirá la continuación de ese proceso a la búsqueda de mayor seguridad y eficiencia.

Es fácil reconocer que los proyectos de I+D en curso o programados tienen como objetivo aumentar el conocimiento para aumentar márgenes y asegurar la operación fiable y segura del combustible ante las nuevas demandas. En ese sentido, las áreas clave de este Programa son las siguientes:

- A1.1. Respuesta de combustible de alto quemado.
- A1.2. Comportamiento de combustible en operación normal y accidente.
- A1.3. Optimización de materiales de vaina y estructura.
- A1.4. Mejora de técnicas de inspección.
- A1.5. Códigos termohidráulicos y neutrónicos.

2.1.2. Programas y proyectos en curso

A1.1. Respuesta del combustible de alto quemado

La tendencia a mejorar la eficiencia, que básicamente consiste en ir a unos mayores quemados del combustible, ha disminuido parte de los márgenes disponibles respecto de los límites de licencia y ha dado ocasión a que aparecieran algunos problemas, que en algunos casos tuvieron un impacto negativo en la operación, y que suscitaron la atención de la Autoridad Reguladora.

La solución de estos problemas se encuentra profundizando en el conocimiento de los fenómenos que tienen relación con la operación del combustible en condiciones exigentes, de modo que puedan establecerse, con precisión, los márgenes reales de que se dispone y evitar, como inmediata consecuencia, la imposición de restricciones innecesarias.

En principio podría considerarse responsabilidad del fabricante de combustible la necesaria experimentación de los nuevos diseños para su adecuado licenciamiento por la Autoridad Reguladora. Sin embargo la mejora de las prestaciones del combustible nuclear es un objetivo estratégico de las compañías eléctricas. Así se pone de manifiesto en el proyecto más significativo de esta área, el "Robust Fuel Program" de EPRI, cuya realización finaliza en el 2002, si bien se espera que tenga continuación en una segunda fase. UNESA es titular de este proyecto que cuenta, además, con la participación de ENUSA y el concurso, como ingenierías soporte, de Iberinco y Soluziona.

También es destacable, por su consideración internacional como proyecto de referencia, el programa de demostración de alto quemado que desarrolla Endesa en C.N. Vandellós II, en colaboración con ENUSA, KANSAI, y MHI, y que aportará un material valioso, bien caracterizado, para la realización de una amplia batería de ensayos, incluidos previsiblemente los que se enfocan a evaluar el comportamiento de este combustible en condiciones de transitorios y accidentes.

A1.2. Comportamiento del combustible en operación normal y condiciones accidentales

La industria nuclear española ha estado o está representada en la mayor parte de programas internacionales de investigación sobre combustible. El mencionado Robust, Halden o NFIR, son ejemplo de ello, lo que refleja un claro interés por incrementar nuestras bases de datos sobre el comportamiento del combustible.

Adicionalmente existen proyectos en curso para resolver aquellos aspectos problemáticos que precisan respuestas operativas inmediatas. Ejemplos de estos aspectos pueden ser la tipificación de fallos, para habilitar su mitigación y prevención, o los efectos relacionados con la química del primario. En este sentido, se puede mencionar el efecto de aditivos en el refrigerante o la Anomalía de "Axial Offset" (AOA), que puede afectar negativamente al margen de parada. Como ejemplo de desarrollo en curso sobre esta materia destaca el "Proyecto de verificación experimental sobre el efecto del pH y el Níquel en la anomalía de Axial Offset", realizado conjuntamente por los PWR españoles, además de Iberdrola y ENUSA.

La validez de los límites contemplados en los Análisis de Accidentes para el rango de quemados de descarga que hoy se ha convertido en estándar, es otro tema de investigación prioritaria. Esto se traduce en la demanda de bases de

datos experimentales más completas, que permitan verificar el acierto de los fabricantes a la hora de depurar y adaptar sus diseños. Para ello se precisan ensayos que aporten información sobre el comportamiento frente a accidentes de inserción de reactividad (RIA) y de pérdida de refrigerante (LOCA). En este sentido, se van a ensayar en CABRI segmentos procedentes de la extensión del quemado de ciertas barras que a su vez habían figurado en el Programa de Barras Segmentadas realizado en C.N. Vandellós II. También existen negociaciones en curso para que se proporcione a JAERI (Instituto de investigación japonés) otros segmentos del mismo origen, para ensayos relacionados con la seguridad.

El interés de la industria en poder mantener una operación fiable y segura del combustible, aun en las situaciones en las que se ha presentado un fallo de la vaina se muestra en los proyectos WICH y SFPD, desarrollados junto al suministrador del combustible, en los que se intenta conocer en profundidad el comportamiento de la vaina tras un fallo primario, e intentar mitigar el efecto de las degradaciones secundarias.

A1.3. Optimización de materiales de vaina y estructura

Los fabricantes de combustible se han aplicado a la mejora del diseño de los elementos combustibles para satisfacer las crecientes demandas operativas, avanzando en la investigación acerca de las prestaciones de nuevos materiales de vaina y estructura. Hay que recordar que alguna de las incidencias más llamativas del pasado tuvieron que ver con la deformación mecánica de los elementos y el crecimiento, mayor de lo esperado, de la capa de óxido metálico que se forma en la superficie de las vainas.

Por tanto esta área, que está íntimamente relacionada con las dos anteriores, se orienta a validar el desarrollo tecnológico del fabricante, lo que explica la presencia de ENUSA en los proyectos. El soporte experimental de los proyectos es las inspecciones a elementos irradiados en aquellos reactores interesados en que se caractericen de forma detallada los nuevos productos, como es el caso del proyecto relativo al elemento combustible 17*17 MAEF ZIRLO, diseño que, en la actualidad, es el tipo estándar introducido en la mayoría de los reactores PWR españoles.

A1.4. Mejora de las técnicas de inspección

La problemática expuesta y el ánimo de identificar puntos de mejora implican definir cuáles son los requisitos que el combustible ha de satisfacer para operar sin problemas con alto perfil de utilización. Esto lleva a la necesidad de acopiar datos para probar que un combustible concreto satisface los criterios que se le exigen.

La investigación sobre las causas que indujeron una mayor susceptibilidad al fallo, ha permitido acotar los parámetros que resultaban críticos, como por ejemplo, el espesor de la capa de corrosión, la configuración y contenido de los

depósitos, el contenido de hidrógeno o la deformación mecánica de la estructura del elemento. Sobre la base de esos parámetros, referidos a los componentes básicos del elemento combustible, se establece la necesidad de realizar una serie de medidas, con el mayor alcance y precisión.

En especial, se convierte en aspecto de interés para las centrales depurar las técnicas de inspección en piscina, una vez identificadas las carencias de la sistemática anterior, cuidando dos puntos básicos: obtener datos representativos del comportamiento del combustible con respecto a los parámetros mencionados y conseguir que esa información, además de precisa, sea no intrusiva y con el menor efecto sobre la disponibilidad de la planta. Sintetizando, el objetivo ideal es que las nuevas técnicas desarrolladas sean precisas, rápidas y poco costosas.

En ese orden, se cuenta con la experiencia reciente del sistema de inspección integral SICOM, desarrollado por Iberdrola, Tecnatom y ENUSA. A partir del SICOM se han desarrollado, además, por parte de ENUSA y Tecnatom, equipos que tienen por objeto la medida de la corrosión y la supervisión dimensional del elemento.

A1.5. Códigos termohidráulicos y neutrónicos

En el proceso de validar el comportamiento con respecto a los requisitos exigibles, adecuar el diseño a las nuevas prácticas y generar argumentos frente a necesidades de licencia, es imprescindible que se perfeccionen las herramientas analíticas. Por tanto, es un frente de interés la consecución de códigos computacionales que modelen, de forma más realista, la evolución e interrelación de los parámetros representativos durante la irradiación del combustible y toda la serie de fenómenos asociados. En esta área tiene interés seguir de cerca las líneas de desarrollo soportadas por la NRC con respecto a los códigos RELAP y TRAC-M.

Destaca, igualmente, como potencial objetivo sectorial, conseguir la plena operatividad del acoplamiento RELAP-PARCS. Este acoplamiento neutrónico-termohidráulico permitiría el modelado más preciso de, por ejemplo, transitorios de reactividad. En general, como objetivo de mayor alcance, podemos entrever el desarrollo de metodología "Best Estimate" para análisis de licencia.

Los proyectos NACUSP y DROP tienen como objeto mejorar las herramientas de análisis y validación de los códigos utilizados para la evaluación de la estabilidad termohidráulica del combustible de los reactores BWR. Esto permitirá mejorar la eficiencia de operación de estos reactores, aumentando la flexibilidad de operación, la disponibilidad y los márgenes de seguridad.

2.2. Programa 2: BARRERA DE PRESIÓN DEL CIRCUITO PRIMARIO

2.2.1. Áreas cubiertas

Las áreas cubiertas por este programa dan contestación a los retos tecnológicos planteados por la fenomenología de los procesos que tienen lugar dentro de la barrera de presión como límite.

Los proyectos de este programa se pueden agrupar en 4 grandes grupos:

A2.1. Desarrollo y validación de códigos termo hidráulicos y neutrónicos.

A2.2. Mejora de capacidades de simulación.

A2.3. Irradiación neutrónica en aceros de vasijas y curvas P-T.

A2.4. Materiales de vasija, internos y tuberías.

A2.5. Mejora de técnicas de inspección y reparación.

A2.6. Revisión de bases de licencia.

2.2.2. Programas y proyectos en curso

A2.1. Desarrollo y validación de códigos termohidráulicos

Esta área se centra en la contribución al desarrollo de nuevos modelos y códigos avanzados. El Sector ha participado desde la década de los años 80 en un amplio abanico de proyectos termohidráulicos (OECD-LOFT, LOBI, MAS, CSNI-ISPs, ICAP, CAMP, ...). A resultas de estos esfuerzos, ya se dispone de una infraestructura y un conocimiento destacable, tanto en la esfera pública como en la privada.

En general, los modelos y códigos termohidráulicos se han contrastado y validado frente a experimentos y situaciones operativas de transitorios ocurridos estando la planta en su operación normal.

Estos proyectos tratan de fenómenos complejos, se ubican normalmente en la frontera de la tecnología existente y requieren altas inversiones, por lo que es usual su carácter internacional y multi-institucional.

Actualmente están en marcha, y en avanzada fase de desarrollo, dos proyectos principales de análisis termohidráulico con participación conjunta Sector-CSN: "Participación en el *Code Applications and Maintenance Program* de la US-NRC" (Proyecto CAMP) y "Obtención del nuevo código termohidráulico consolidado" (Proyecto CTC), también bajo el paraguas de la NRC. En síntesis y en la óptica del Sector, se participa en CAMP fundamentalmente para mantener unos códigos de cálculo (RELAP5 y TRAC-B y P) actualmente operativos en las CC.NN. españolas. CAMP-España concluirá en principio, cuando concluya CAMP-Internacional y se espera que el final esté ligado a la liberación de las últimas versiones de los citados códigos. También, desde el punto de vista sectorial, se participa en CTC para asimilar su tecnología hasta un nivel adecuado que permita decidir acerca de la eventual sustitución de los códigos actuales por el propio CTC. Debido a los anteriores motivos se

considera que CTC-España debe permanecer en fase con CTC-Internacional y en armonía con el propio CAMP.

Con estos proyectos se debe pretender definir y acotar los requisitos reguladores que deben cumplir los cálculos realizados con los códigos termohidráulicos realistas (best estimate) y, en particular, los realizados con el CTC. Ello posibilitará su utilización en el diálogo entre las CC.NN. y el CSN.

En el plano informático, los nuevos desarrollos tienden a integrar todas las piezas del código (termohidráulica, neutrónica, control, interacción humana) en sistemas cada vez más potentes en cuanto a velocidad de cálculo y presentación de resultados, empleando técnicas de cálculo en paralelo.

Un aspecto principal ha de ser la difusión y empleo generalizado de métodos adecuados y aceptados internacionalmente para el análisis de incertidumbres, sin lo cual se hará difícil la plena aceptación de los resultados de los códigos. No menos importante debe ser la tendencia a eliminar los "efectos del usuario" en los códigos, mediante los métodos que aseguren la consistencia de los modelos y parámetros empleados.

Sin duda, el gran reto de la próxima década será el desarrollo de una nueva generación de códigos multidimensionales y multifase, lo que requiere una profundización mayor en los fenómenos físicos, así como instalaciones experimentales de efectos separados dotadas de técnicas de medida avanzadas, que permitan observar el comportamiento fluido al nivel de microescala, a fin de proporcionar datos suficientes para la validación de dichos modelos.

Como se ha indicado, las CC.NN. disponen de importantes capacidades propias TH para análisis de accidentes y transitorios. Se consideran prioritarias en esta área las iniciativas encaminadas a aumentar las aplicaciones y la garantía de su aceptación por el CSN. En este sentido, se debería identificar y optimizar la participación en la preparación y análisis de experimentos internacionales, dentro de acuerdos internacionales.

Todavía pueden aparecer áreas de incidentes o accidentes en los que la experimentación y su desarrollo analítico asociado, puede aportar mejoras en las capacidades de los códigos y modelos desarrollados a tal efecto. Siempre que las nuevas propuestas puedan complementar las potencialidades de estas herramientas, se debieran valorar positivamente.

Los desarrollos analíticos asociados a los experimentos PKL de la propuesta de "Participación en el programa termohidráulico de instalaciones experimentales SETH-OECD" (Proyecto OECD-SETH), pueden tener una valoración positiva para las CC.NN. porque mantienen activa la instalación PKL y porque podrían aportar datos para validar o analizar el comportamiento de códigos y modelos para escenarios de accidente complementarios a los analizados en otros experimentos (escenarios en condiciones de parada y de dilución de boro).

A2.2. Mejora de capacidades de simulación

La explotación segura y eficiente de las CC.NN. españolas aconseja que las empresas responsables de su gestión dispongan de métodos y medios de simulación para analizar el comportamiento y garantizar la seguridad de la planta, en la gama completa de condiciones operativas, tanto en situaciones estables, como en los potenciales transitorios y accidentes incluidos en el diseño.

De igual manera, las compañías de servicios, ingenierías y de suministro y diseño de combustible, también disponen de métodos para estos tipos de análisis. Muchos son propietarios, la mayoría del suministrador principal, y casi siempre que se requiere su utilización se hace a costa de inversiones significativas. Con el paso de los años también el CSN se ha dotado de expertos y medios propios para el desarrollo de sus funciones específicas. La Universidad, por su condición de entidad formativa e investigadora, también ha mantenido y mantiene presencia en este campo.

Las aplicaciones de estas tecnologías son muy variadas, siendo las más habituales las que se destacan a continuación:

- entrenamiento y/o formación de operadores en escenarios de accidente con ayuda de simuladores fiables y precisos;
- análisis y estudios de la experiencia operativa propia o ajena;
- estudios para la optimización operativa de procedimientos de operación o de sistemas de control en su supuesto funcionamiento durante transitorios o accidentes;
- análisis de riesgos en los diferentes modos de operación de la planta en los que se necesita el conocimiento detallado de la evolución de los parámetros de la planta en estas situaciones y los márgenes de tiempos disponibles para las operaciones requeridas; y,
- análisis de modificaciones de diseño y sistemas de control.

Algunas aplicaciones han de llevar asociado un proceso de licenciamiento, que será más o menos exigente en función del impacto en la seguridad de la cuestión que se analiza. Las mayores exigencias las tendrían las modificaciones de los límites de seguridad o las certificaciones de seguridad de nuevos diseños de sistemas o de combustibles y las evaluaciones y análisis de seguridad de las recargas.

Como actividades de participación en programas internacionales, a través del WOG, de Ascó-Vandellós hay que destacar los siguientes programas en curso: 1) "Reducción de penalización de picos de yodo", 2) "Eliminación de recirculación a ramas calientes", 3) "Impacto en la operación producido por el *hot leg streaming* (HLS)".

En proyectos, de ámbito exclusivamente nacional hay que mencionar los de UFG/ C.N. José Cabrera, sobre estudios de estratificación térmica en el circuito

primario y sobre el simulador del núcleo, y el Proyecto VIGBUR, de Iberdrola sobre utilización de técnicas de análisis de ruido para determinar el caudal de agua por los canales del núcleo y desarrollo de un monitor de estabilidad neutrónica para reactores tipo BWR.

A2.3. Irradiación neutrónica en aceros de vasija y curvas P-T

El objetivo que cubre esta área es la determinación de la tenacidad del material constitutivo de vasijas de los reactores nucleares en función de la irradiación recibida, a través del ensayo de probetas miniatura y compuestas construidas a partir de las probetas Charpy o de tracción existentes en los programas de vigilancia en vigor.

El empleo de este tipo de probetas permitirá disponer de una mayor población de datos para conocer el estado de fragilización de la vasija y justificar el alargamiento de su vida útil, contando con un número adicional de probetas para los ensayos que haya que realizar durante el periodo de la vida de diseño y alargada.

Los principales desarrollos de esta área son la cualificación de metodologías y técnicas de reconstrucción de probetas y utilización de probetas miniatura para la determinación de la tenacidad de materiales metálicos. Los beneficios de estos desarrollos cubren todas aquellas actividades en las que se disponga de una cantidad limitada de material de ensayo.

Un caso específico son los materiales irradiados representativos de las uniones soldadas de las vasijas, especialmente si se quiere abordar la operación a largo plazo de las centrales. En este caso se requeriría un número adicional de probetas respecto a las previstas en el momento de la fabricación, así como la posibilidad de realizar ensayos más precisos como los de Mecánica de Fractura que no estaban previstos en el diseño original de la central.

En el estudio sobre el uso de probetas compuestas, se pretende explorar la posibilidad de fabricarlas con núcleo de material de interés (que se supone escaso y que podría provenir de restos de probetas Charpy o tracción) y matriz de material mecánicamente compatible, sin que el proceso de implantación distorsione el comportamiento en fractura del material que forma el núcleo. Estas probetas podrían ser CTs convencionales y permitirían caracterizar en fractura el material seleccionado, a las temperaturas de interés, y realizar estudios del margen estructural de la vasija de forma más realista.

Los márgenes estructurales frente a la rotura frágil se establecen a partir de ensayos sobre probetas Charpy y referidos a materiales de referencia, lo cual obliga, a la vista de las incertidumbres inherentes, a ser pesimista en las previsiones del comportamiento de los materiales y, por tanto, a ser conservador en los márgenes de operación de las centrales (curvas P-T).

Por su complejidad y alto coste, los proyectos de esta área deben abordarse en un contexto internacional, con la participación activa y coordinada de

Ingenierías y Centros de Investigación en los mismos. También es necesaria la participación del CSN de manera que los productos obtenidos para ser aplicados estén consensuados desde el comienzo.

Además de diversos proyectos que se llevan a cabo en el marco del WOG y de la UE, los proyectos de esta área se pueden encuadrar en tres principales líneas de trabajo, actualmente en curso, que versan sobre:

- Aseguramiento y aplicación de los resultados de los programas de vigilancia a la evaluación de la integridad de las vasijas (programas internacionales CRP del OIEA).
- Desarrollos de nueva metodología basada en la Curva Patrón para evaluar la integridad estructural y de técnicas de reconstrucción de probetas (proyecto CUPRIVA).
- Simulación computacional multiescala del daño por irradiación de materiales de vasija y comprobación de sus modelos por acercamiento experimental (proyectos VENUS y propuesta de proyecto REVE).

Se considera que esta área queda suficientemente cubierta con el conjunto de proyectos anteriormente citados, centrándose el interés o beneficio para las CC.NN. en la utilización de probetas de pequeño tamaño y reconstruidas dada la escasez de material de vigilancia, la obtención de mayor precisión en los valores de tenacidad a la fractura de los materiales de vasija, el relajamiento de las curvas de operación (P-T), y la re-evaluación de bases técnicas y criterios para el fenómeno PTS, entre otros aspectos. La elaboración y aparición de nuevas guías, a partir de la revisión de las actuales, sobre la evaluación de la integridad de las vasijas y el establecimiento de nuevos criterios de operación y para fenómenos asociados a la vasija, representan un objetivo deseable.

A2.4. Materiales de vasijas, internos y tuberías

Las actuaciones y proyectos de esta área van dirigidos a la mejora del conocimiento, vigilancia y control del comportamiento de los materiales de los componentes internos de la vasija y de las tuberías y sistemas asociados al sistema refrigerante de reactor, siendo su objetivo profundizar en el conocimiento de las causas que originan su degradación, los parámetros que gobiernan dichos mecanismos de degradación y las medidas mitigadoras o correctoras para solucionar dichos problemas:

- Análisis de los mecanismos de degradación (IGSCC; IASCC; corrosión, fatiga, etc).
- Desarrollo de metodologías de cálculo y predictivas para evaluar la condición y la vida residual de los componentes afectados.
- Desarrollo de técnicas de prevención y mitigación del envejecimiento por dichas degradaciones (inyección de hidrógeno, química de zinc, tecnología de metales nobles,...).

A pesar de que muchos de los problemas citados son ya conocidos, se está trabajando en el establecimiento de técnicas cada vez más precisas que supongan un mejor conocimiento del estado de los componentes y su prevención o reparación con menores costes.

La sustitución o reparación de los elementos dañados representan unos gastos económicos muy elevados, tanto por el coste de los equipos o de las reparaciones como por la indisponibilidad de la central que aquéllas conllevan. Por tanto, todas las técnicas de prevención o mitigación, así como los métodos de reparación y sustitución que se desarrollen, son beneficiosos a la hora de considerar la seguridad y disponibilidad de las centrales.

Las actuaciones de esta área se focalizan en la participación en dos programas internacionales principales: el CIR (*Cooperative IASCC Research Program*) y el BWR-VIP (*BWR Vessel and Internals Project*), ambos gestionados por el EPRI. Adicionalmente, estas participaciones se ven complementadas con otros proyectos afines, como el área de materiales del proyecto Halden de la NEA/OECD, el ENDURO, sobre susceptibilidad a SCC de aceros austeníticos inoxidables, y el THERFAT de la UE sobre fatiga térmica en tuberías.

Se considera de interés, tras las sustituciones de componentes ya efectuadas en algunas centrales, profundizar en el conocimiento sobre el comportamiento frente a IASCC de los nuevos materiales empleados en dichas reparaciones, como pueden ser las aleaciones base níquel (Inconel X-750) utilizadas como *tie-rods* en la reparación de los *core shrouds* de las centrales BWR, o el austenítico estabilizado 55XM19.

Una potencial actuación de interés podría ser la participación en un proyecto internacional de la NEA-OECD sobre una base de datos sobre tuberías ASME clase nuclear 1, 2, 3 y no nuclear, reportando sucesos al respecto. Entre los beneficios que se presume podrá tener la base de datos, además del conocimiento de los sucesos que han tenido y van teniendo lugar en los diferentes países, se encuentran las aplicaciones de APS, en especial RI-ISI, y los aspectos relativos a envejecimiento y gestión de vida de tuberías.

A2.5. Mejora de técnicas de inspección y reparación

Las actuaciones de esta área van dirigidas al desarrollo de técnicas de inspección para evaluar el estado real de los componentes y sus materiales constitutivos y, en caso de encontrar defectos, proceder a su reparación satisfactoria. Para la reparación de estos componentes es necesario el desarrollo de técnicas y herramientas que hagan posible la detección, evaluación y reparación segura de los mismos con la mínima intervención humana directa. Asimismo, es necesario asegurar la máxima calidad y fiabilidad en los trabajos de reparación.

Existen ya técnicas y herramientas de inspección, mecanizado, soldadura y de tratamientos térmicos que se vienen utilizando en la inspección y reparación de

componentes nucleares, muchas de las cuales han sido fruto de diferentes proyectos (PETAVA, PIV, etc.) que, aún hoy, siguen siendo objeto de mejora.

No obstante, determinadas inspecciones y reparaciones requieren técnicas más avanzadas usando en lo posible la automática y robótica. Asimismo, se requiere desarrollar técnicas de inspección adecuadas con suficiente sensibilidad para la detección, cuantificación y seguimiento de los mecanismos de degradación. Adicionalmente, se han detectado otros aspectos concretos que actualmente son de interés para las centrales nucleares, tales como técnicas de inspección y reparación de grietas circunferenciales o de cierres de penetraciones de las tapas de vasija, o de las soldaduras bimetálicas entre vasija y lazos principales.

Se considera que los desarrollos de este tipo de técnicas y herramientas deberían ser llevados a cabo por empresas de ingeniería y servicios, y formar parte de su oferta competente a las CC.NN. En esta línea, es también importante su participación en proyectos internacionales para compartir los nuevos desarrollos que vayan apareciendo.

Por otra parte, son de más interés para las CC.NN. españolas, requiriendo además su implicación, otro tipo de actuaciones dirigidas al desarrollo y cualificación de metodologías de validación asociadas a las técnicas y herramientas de inspección, así como a la optimización de los propios procesos de inspección en servicio. Actualmente se están abordando iniciativas de este tipo, como por ejemplo el Proyecto VENDE, sobre metodología de validación de ensayos no destructivos (ENDs) para la inspección en servicio (ISI) de las CC.NN., y proyectos sobre la optimización de los intervalos de ISI y de ésta informada por el riesgo.

A2.6. Revisión de bases de licencia del LOCA

Se encuadran dentro de esta área el proyecto de WOG para la redefinición de las hipótesis de LOCA a ser consideradas en el diseño/licencia de las centrales nucleares. Se trata de redefinir un tamaño máximo de rotura a considerar, inferior a la rotura en doble guillotina considerada actualmente, así como el impacto del nuevo tamaño en los esfuerzos transmitidos al primario, la presurización del recinto de contención, etc.

2.2.3. Participación en actividades internacionales

En las áreas del Programa descrito, la participación en proyectos internacionales es significativa y, por tanto, garantiza su alineamiento a nivel internacional.

La mayoría de los proyectos indicados en el apartado anterior están encuadrados o tienen una relación relevante en programas promovidos por organismos/organizaciones internacionales, entre los que se pueden citar:

- OIEA
- CE
- NEA-OECD
- EPRI
- WOG y BWROG

Cabe subrayar tres aspectos importantes que contribuyen a la asimilación de los productos y resultados de los proyectos internacionales en el sector nuclear:

- Participación activa en los Comités de Dirección y Técnicos de los programas/proyectos internacionales.
- Aportación de proyectos nacionales propios, en algunos casos, a los programas internacionales, siendo reconocidos como contribuciones en especie.
- Apoyo técnico y asesoramiento al sector nuclear por parte de organizaciones nacionales (Centros I+D, Universidades, Laboratorios, Ingenierías,...) que aseguran la retención de los desarrollos y conocimientos y facilitan la aplicabilidad de resultados, si procede, al sector nuclear, asegurando una posición tecnológica avanzada de estas organizaciones para futuros desarrollos.

2.3. Programa 3: CONTENCIÓN Y ACCIDENTES SEVEROS

2.3.1. Áreas cubiertas

El objetivo principal de este programa es avanzar en el conocimiento de la fenomenología propia de los accidentes severos así como estudiar la influencia de la contención en la liberación de productos radiactivos al exterior.

Avanzar en el conocimiento de la fenomenología de accidentes severos y analizar las capacidades de las herramientas de simulación existentes permite identificar las incertidumbres de los análisis, interpretarlos con un mayor grado de confianza, y favorece el establecimiento de buenas prácticas en el estudio de los accidentes severos.

La aplicación práctica del estudio de la fenomenología de los accidentes severos y del comportamiento de la contención da lugar al desarrollo de herramientas de ayuda a la gestión de accidentes severos así como a la mejora de las herramientas de predicción y simulación de la fenomenología ya disponibles, mediante la incorporación de nuevos modelos, o mejora de los ya existentes.

Los proyectos de este programa se pueden clasificar en las siguientes dos áreas, teniendo en cuenta que ambas están interrelacionadas:

- A3.1. Comportamiento de sistemas y gestión de accidentes severos.
- A3.2. Comportamiento de productos de fisión liberados durante un accidente severo.

Dentro de este programa, se ha participado en proyectos que han tenido un presupuesto próximo a los 8,5 MEuros, siendo el importe aportado por el Sector del orden de 700 kEuros.

2.3.2. Programas y proyectos en curso

A3.1. Comportamiento de sistemas y gestión de accidentes severos.

Una de las herramientas fundamentales para el estudio de los accidentes severos son los códigos de cálculo, los cuales incorporan modelos de los fenómenos más importantes que ocurren durante un accidente severo. Estos modelos presentan incertidumbres que pueden ser debidas a que los fenómenos modelados no se conocen aún con todo detalle, a que es necesario agilizar la ejecución del código, o a otras razones.

Asimismo, existen numerosos códigos de accidentes y de versiones con distintas particularidades: tanto códigos integrales, que simulan el comportamiento del reactor durante el accidente, o más específicos, que simulan únicamente algunos sistemas. Algunos códigos son aplicables a un amplio rango de situaciones hipotéticas, y, por tanto, sus modelos son más generales, mientras que otros desarrollan con más detalle modelos de algunos fenómenos concretos frente a otros.

Las empresas explotadoras españolas emplean profusamente el código MAAP4, por lo que le es de sumo interés identificar las posibles mejoras y ampliar el alcance de sus aplicaciones. Asimismo, la verificación de que los modelos incluidos en el código representan adecuadamente la fenomenología que se pretende simular, (ya sea mediante la comparación de cálculos con datos experimentales, o mediante la comparación de simulaciones del mismo fenómeno con distintos códigos), aumenta la confianza, tanto del sector como del organismo regulador, en los resultados de los análisis realizados con este código. Por lo tanto, se considera que el alcance de esta actividad debe ser mantener actualizado el código MAAP en sus nuevas versiones.

En dos de los ocho proyectos de esta área se han incorporado nuevas capacidades de simulación al código MAAP4. En uno de ellos, además, se han verificado algunos modelos nuevos del código, y se ha contrastado que los resultados de MAAP y CONTAIN (código de análisis de fenómenos en la contención) en la simulación de la combustión del hidrógeno son comparables.

El estudio de la fenomenología de los accidentes severos y la disponibilidad de modelos de simulación por ordenador invita al desarrollo de herramientas de ayuda a la gestión de accidentes severos. Algunas de estas herramientas se basan en un conjunto de reglas que, en función de las relaciones o evolución de algunos de los parámetros de la central, permitiría diagnosticar el accidente (y a partir de ahí, sugerir diferentes estrategias de gestión). Otras tendrían la capacidad de predecir (mediante códigos de accidentes severos) la evolución del accidente y el efecto de las posibles acciones de gestión.

En esta área se han planteado tres proyectos de desarrollo de herramientas de ayuda a la gestión, formación y entrenamiento de accidentes severos.

Otro de los proyectos de esta área ha consistido en prestar apoyo a la industria para la resolución del GSI-191.

Una característica destacada de los proyectos de esta área es la colaboración entre distintas empresas y organismos, favoreciendo el intercambio de conocimiento y experiencias en distintas áreas, y ha puesto de manifiesto las ventajas de trabajar en el futuro de esta manera.

A3.2. Comportamiento de productos de fisión liberados durante un accidente severo

En esta área se incluyen cinco proyectos relativos a la fenomenología de la interacción corium-hormigón, del fallo de la vasija, y del comportamiento de los productos de fisión y aerosoles. Estos son algunos de los fenómenos de accidente severo sobre los que aún persisten mayores incertidumbres, y cuya resolución podría dar lugar a estrategias alternativas de gestión de accidentes severos, o a distintas estimaciones de término fuente al exterior.

Los dos proyectos relativos a la interacción corium-hormigón consisten en la verificación de los modelos disponibles de interacción del núcleo fundido con el hormigón del suelo de la contención, comparando los resultados de los cálculos con los datos experimentales del proyecto internacional MACE. Uno de los proyectos trata de evaluar la eficacia del aporte de agua sobre el corium como estrategia de gestión de accidentes severos para concluir con el accidente.

Dentro de esta área se ha efectuado el seguimiento del proyecto internacional RASPLAV, y el estudio de diferentes modelos de calentamiento y fallo del fondo de la vasija de un reactor de agua ligera. En este proyecto se ha estudiado la aplicabilidad de los resultados a la gestión de accidentes severos.

El proyecto PHEBUS-FP de la UE tiene como objetivo investigar y cuantificar en una instalación experimental los diferentes mecanismos de generación, transporte y retención de productos de fisión y aerosoles en condiciones de accidente severo en un reactor de agua ligera. La participación española consiste en contribuir al avance del proyecto, en emplear los datos experimentales para contrastar los códigos empleados en España, y obtener una estimación más precisa del término fuente de las Centrales Nucleares Españolas.

2.3.3. Participación en actividades internacionales

El programa de contención y accidentes severos tiene una cierta participación en actividades internacionales, promovidas por la UE, NEA-OECD, EPRI y WOG.

2.4. Programa 4: APS Y FACTORES HUMANOS

2.4.1. Áreas cubiertas

El concepto de riesgo de una instalación nuclear está intrínsecamente ligado al de seguridad. Su correcto conocimiento y cuantificación, por tanto, se conforma como un pilar básico para asegurar el funcionamiento seguro de las mismas. Desde principios de los años 80, las centrales nucleares españolas han dedicado gran cantidad de recursos a la realización de APS, superiores en detalle y alcance, al de otros muchos países. Con el desarrollo de los APS, se empezó a hablar del “Factor Humano”: los APS inicialmente consideraban casi exclusivamente las probabilidades de fallo de la máquina haciéndose lógico añadir el factor humano. Posteriormente, una vez “controlados” los posibles fallos debidos a las máquinas y los debidos al factor humano, el punto de mira esta dirigido a los debidos a posibles defectos de la organización que construye y explota la central.

El programa de APS/Factores humanos deberá centrar su objetivo, pues, en la utilización de estas herramientas para la correcta valoración de la importancia para la seguridad de los diferentes aspectos de la explotación de las centrales en funcionamiento, buscando la identificación de aquellos verdaderamente importantes para la seguridad, a los que dedicar realmente los recursos, la mejora de los procesos reguladores y el desarrollo de una regulación informada por el riesgo.

El programa comprende las siguientes áreas:

- A4.1. Aplicación de los APS
- A4.2. Mejora de la interfase hombre-máquina
- A4.3. Cultura de seguridad y factores humanos/organizacionales
- A4.4. Mejora de técnicas de formación
- A4.5. Mejora de respuesta a emergencias

2.4.2. Programas y proyectos en curso

A4.1. Aplicación de los APS

Los APS, frente a los criterios de diseño deterministas, han aportado un mayor conocimiento de las instalaciones al combinar e interrelacionar el diseño, la operación y las prácticas de mantenimiento de la Central proporcionando una óptica global, más integradora, de la capacidad de la planta para responder a, y mitigar, las consecuencias de un potencial accidente.

La política seguida para su realización por las CC.NN. españolas, enmarcada en el “Programa Integrado de realización y utilización de los APS en España”, ha permitido disponer de fuertes capacidades, tanto técnicas como humanas, para el desarrollo de los procesos de actualización de los mismos, así como

para definir y desarrollar las aplicaciones de los APS. También ha permitido desarrollar una profunda relación entre los operadores y el Regulador, aspecto básico para facilitar el consenso entre ellos de modo que las aplicaciones que se realicen gocen del crédito adecuado, necesario para el licenciamiento de las mismas, por ambas partes.

En el marco de los esfuerzos conjuntos de mejora de seguridad en las centrales y utilización de las técnicas probabilistas se han desarrollado, a escala internacional, guías y herramientas que permiten la utilización de los APS. Entre los resultados alcanzados hay que destacar la emisión en Estados Unidos en Julio de 1.998, por parte de la *Nuclear Regulatory Commission* (NRC), de la RG 1.174, que define los elementos de análisis a considerar en el proceso de licenciamiento de las distintas aplicaciones del APS a la industria nuclear, así como el SRP 19.1 que define los requisitos necesarios que ha de cumplir la petición de cambios.

En el ámbito nacional, en el marco de relación institucional CSN-Sector, se ha desarrollado un documento que, posteriormente, ha sido adoptado por el CSN como Guía de Seguridad 1.14, que establece los “Criterios básicos para la realización de aplicaciones de los APS” y define, en líneas generales, las pautas a seguir en la realización de las aplicaciones de los APS en la industria nuclear española y su posterior evaluación por parte del organismo regulador. En el mismo se contempla la realización de otros documentos adicionales más específicos para guiar el proceso de realización y evaluación de las diferentes aplicaciones particulares.

La preparación de este documento de criterios ha tenido la realimentación de la experiencia ganada en su utilización en algunas aplicaciones piloto concretas de los APS realizadas a través de algunos proyectos, como han sido el desarrollo de una metodología de análisis de requisitos de las ETFs, la metodología para establecer programas de Inspección en Servicio de tuberías y de Garantía de Calidad Gradual, la aplicación de la metodología APS al análisis de riesgos originados en fuentes de productos radiactivos distintas del núcleo del reactor en una C.N y, de especial interés futuro, como es el desarrollo de una Guía para la realización de Análisis Coste-Beneficio basado en el APS.

Adicionalmente, como proyecto que cubre un aspecto parcial del programa, las centrales españolas contribuyen con su experiencia a alimentar una base de datos internacional, del CSNI, sobre fallos de causa común que permitirá disponer de mejores datos de entrada en los APS realizados.

La realización de estos proyectos ha permitido la disponibilidad de una serie de Guías y documentos metodológicos, sobre las aplicaciones específicas tratadas, aceptables tanto para los titulares como para el CSN y el reforzamiento de las capacidades, tanto técnicas como humanas, de los operadores, del propio CSN, de las empresas de ingeniería españolas y Universidades participantes (Empresarios Agrupados, Iberinco, Soluziona Ingeniería, Tecnatom y la Universidad Politécnica de Valencia).

En la actualidad no existen proyectos en curso en esta área. No obstante, se ha consensado con el Organismo Regulador la siguiente relación priorizada de proyectos que podrían irse abordando de acuerdo con la disponibilidad de recursos.

- 1) Metodología LERF.- Definición de una medida del LERF (Large Early Release Frequency) de común acuerdo entre las centrales nucleares españolas y el Organismo Regulador, que permita su utilización como medida del nivel de riesgo en las aplicaciones APS que requieran ser licenciadas por el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN).
- 2) Opción 2 del 10CFR50 (Risk Informed Regulation-RIR).- Aplicación de los métodos disponibles en el momento actual (estado-del-arte) de la Opción 2 de la RIR, para categorizar los ESC de una central piloto, dentro de un alcance limitado, con el fin de demostrar la capacidad de dichos métodos para adecuar los requisitos de tratamiento especial aplicables a la importancia real de dichos ESC. Este proyecto puede entenderse como una continuación efectiva del Proyecto de I+D “Garantía de Calidad Gradual” una vez que la tecnología ha avanzado y permite la aplicación real de criterios de riesgo en la aplicación o no de requisitos de tratamiento especial a los ESC de una central nuclear.
- 3) Base de datos de fuegos de la NEA/OECD.- Recopilar y analizar sucesos de incendio acaecidos para comprender mejor su ocurrencia, causas y mecanismos de prevención, dirigido a facilitar la cuantificación de las frecuencias de incendios y los análisis de riesgos.
- 4) Experiencia piloto de Análisis Coste-Beneficio con datos específicos en tres plantas.- Aplicación de la Guía desarrollada en el proyecto ya realizado sobre este asunto a tres centrales piloto, de la forma más realista posible, para concretar el alcance de determinados atributos identificados en el proyecto ya realizado sobre este asunto, así como la necesidad de consensuar la interpretación y valor de determinados parámetros, con el fin de permitir un uso homogéneo de la misma.

El CSN ha manifestado que abordará unilateralmente los de “Opción 2 del 10CFR50” y “Metodología LERF” debido a su interés y la falta de presupuestos del Sector que impide su participación, de momento, aunque el CSN no descarta esta participación más adelante.

Otra actividad de interés en esta área es la fiabilidad humana en sucesos externos. Existen incertidumbres y excesos de conservadurismos que podrían justificar dicho proyecto.

Si bien los proyectos 1 y 4 antes mencionados se consideran de interés para avanzar en la futura aplicación de las técnicas de APS, los avances alcanzados en otros países en relación con la regulación informada por el riesgo, especialmente en los Estados Unidos, país de origen de la tecnología de la mayoría de nuestras centrales, y los criterios seguidos en España para aplicación de normativa aconsejan no identificar a ésta como un área de

investigación específica. Es preferible seguir los pasos dados por ellos adaptándolos a las áreas específicas de interés en consonancia con las especificidades de nuestras centrales.

A4.2. Mejora de la interfases-hombre máquina

Dentro de un conjunto de actividades dirigidas a facilitar la operación de las instalaciones y a evitar sucesos derivados de la interacción de los operadores con los equipos y cuadros de mando, se iniciaron una serie de actividades como buscar una adecuada interfase hombre-máquina, mejorar la información asociada a la operación, revisión desde el punto de vista ergonómico de la Sala de Control, etc.

Algunas aplicaciones ya fueron realizadas como el proyecto de un "Sistema Computerizado de filtrado de alarmas" desarrollado por Tecnatom en colaboración con el Ciemat y que tenía por objetivo el desarrollo y validación de sistemas de filtrado de alarmas para salas de control de centrales nucleares de agua ligera.

Otras actividades como la explotación de la participación de organizaciones del Sector, CSN, Ciemat y ENUSA en la parte del programa OECD-Halden que cubre el área de interfase hombre-máquina van a continuar con la prórroga de la actual participación. Los beneficios para las centrales nucleares españolas consisten en la aplicación de la tecnología desarrollada en el programa Halden.

A4.3. Cultura de seguridad y factores humanos / organizacionales

Diversas organizaciones españolas han estado involucradas en el desarrollo o aplicación de programas relacionados con factores humanos y organizativos como las actividades del OIEA en Cultura de Seguridad.

Las actividades de investigación asociadas a los modelos de fiabilidad humana y el análisis de la influencia de factores organizacionales en la explotación de las centrales nucleares se han centrado en proyectos como el siguiente:

- "*Errores Humanos de Comisión*", proyecto ya finalizado en el que con el Sector han participado el CSN y el Ciemat y que ha consistido en:
 1. Desarrollar una metodología que permita modelar los errores humanos de comisión en cualquier modo de operación y ante cualquier suceso iniciador, para incorporarla a los APSs de las centrales nucleares españolas.
 2. Desarrollar una base de conocimiento sobre errores humanos de comisión, fundamentada en el análisis de incidentes operativos.
 3. Desarrollar un marco de referencia genérico de la actuación humana aplicable, tanto en los análisis de fiabilidad humana, como el análisis de incidentes operativos que conlleven errores humanos.

- "*Impacto de la Organización de la Seguridad*", se trata de un proyecto de largo alcance en el que participan el Sector, el CSN y el Ciemat y que tiene una amplia relación con instituciones extranjeras entre ellas en el pasado con la participación en el proyecto ORFA de la Comisión de la UE y en la actualidad en el proyecto LEARNSAFE del V Programa Marco.

El objetivo del proyecto es contribuir al aumento de la seguridad de las centrales nucleares mediante: 1) aplicación en metodologías de carácter preventivo, 2) aplicación de metodologías de carácter correctivo y 3) análisis de modelos para incorporar factores organizacionales a los APSs (COOPRA).

A4.4. Mejoras técnicas de formación

Los proyectos que se indican a continuación se centran fundamentalmente en la mejora de la calidad de Tecnatom en su calidad de centro de formación para personal de centrales nucleares.

- a) Proyectos en cooperación con distintas instituciones de diversos países de la UE. El objetivo es el desarrollo de una aplicación informática para minimizar la dedicación del instructor en el simulador durante la sesión de entrenamiento mediante consultas del alumno a la aplicación, supervisión de entrenamiento y evaluación del alumno.
- b) Medios didácticos. Actualización y mejora de los medios didácticos, así como desarrollo de metodologías, entornos y plataformas informáticas asociadas a medios didácticos avanzados para la formación de personal de operación de centrales eléctricas.
- c) Tecnologías de simulación. Actualización y mejora de los códigos termo hidráulicos y neutrónicos de los entornos informáticos, bases de datos y consolas de control para el desarrollo y actualización de simuladores de alcance total y de simuladores gráficos interactivos (SGI).

A4.5. Mejora de respuesta en emergencia

La problemática de hacer frente a situaciones o gestión de emergencias es un tema de interés general y prueba de ello es la participación en el proyecto "ETOILE" de la Unión Europea en el cual participó Iberdrola y Tecnatom, y cuyo objetivo fue el desarrollo de herramientas que permitan el entrenamiento individual, de equipo y de las organizaciones en la gestión de emergencias.

Otros desarrollos de esta área están asociados a la revisión de los Procedimientos en Operación en Emergencia y a desarrollos de sistemas de seguimiento de los parámetros "críticos" en emergencias. Las centrales nucleares están participando en la revisión y el desarrollo continuo de las "Emergency Response Guidelines" del WOG (ERG) y las adaptan a los procedimientos propios cuando se editan.

2.4.3. Participación en actividades internacionales

Además de la participación ya señalada en la base de datos de fallos de causa común de la OECD/NEA, el Sector participa activamente en programas de los WOG y BWROG en áreas tales como: modelo para transitorios anticipados sin "scram" (ATWS Model), modelo APS de sellos de bombas principales, mejoras en las ETFs informadas por el riesgo, elaboración de un modelo genérico para APS del accidente de rotura de tubos del generador de vapor, especificaciones técnicas informadas por el riesgo, regulación informada por el riesgo (opción 2) y revisión de criterios de sistemas según resultados de APS.

Hay que destacar también la importancia de asimilar los productos y resultados de la participación que se ha indicado en las actividades del programa OECD-Halden y en los proyectos de I+D (Programa Marco) de la Comisión de la UE.

2.5. Programa 5: PROTECCIÓN RADIOLÓGICA DE LAS PERSONAS

2.5.1. Áreas cubiertas

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 medidas técnicas para la minimización de esta exposición.

El Programa comprende cuatro áreas concretas:

- A5.1. Modelos de estimación de dosis, que básicamente se comprende la dosimetría interna.
- A5.2 Técnicas de dosimetría, que principalmente se refiere a la dosimetría externa.
- A5.3 Desarrollo de técnicas de reducción de dosis (ALARA), que incluye la estimación de los términos fuente.
- A5.4 Estudios epidemiológicos, referido básicamente a estudios con trabajadores de la industria nuclear.

Otra posible área asociada a este Programa del estudio de efectos biológicos de la radiación a nivel celular, etc. no está contemplada dentro de las áreas promovidas actualmente por el Sector, ya que se trata de una actividad de investigación básica que se entiende esta adecuadamente tratada en el ámbito nacional, con un ámbito de aplicación mucho más amplio que el de las centrales nucleares.

2.5.2. Programas y proyectos en curso

A5.1. Modelos de estimación de dosis

Los tres proyectos incluidos en esta área:

- Modelo pulmonar ICRP-66 (PCI-PR03),
- Modelo gastrointestinal (PCI-PR11), y
- Mejora del sistema de dosimetría interna (PCI-PR13),

se refieren a la actualización de los modelos y procedimientos de determinación de dosis internas derivadas de la posible incorporación de radio nucleidos en el organismo por vía respiratoria o por ingestión.

La necesidad de estos proyectos deriva de la evolución de los modelos metabólicos que propugna la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP), fundamentada en los resultados de programas internacionales de experimentación básica, que dan como resultado el cambio de estos modelos y los distintos factores que se incorporan en los mismos.

Esta área tiene una característica diferencial, que es la conveniencia de consensuar desde el principio los nuevos desarrollos con el Organismo Regulador, tanto en sus hipótesis de partida como en la selección de valores a utilizar. Por ello, todos los proyectos desarrollados en la misma, que han surgido fruto de una revisión de los modelos por parte de la ICRP, se han contemplado dentro del Plan Coordinado de Investigación CSN-UNESA contando con la participación Tecnatom, como Servicio de Dosimetría interna de referencia del Sector Nuclear y de Iberinco como empresa especialista en modelizaciones y desarrollo de programas informáticos, así como de Ciemat, como centro de conocimiento institucional en este campo. La dimensión de los proyectos es reducida y de ámbito nacional. Se centran en el desarrollo de modelos matemáticos y de programas de ordenador, implantables en los equipos de dosimetría interna que actualmente existen en el Sector Nuclear de un único suministrador (Helgeson Scientific Services), que también ha participado en algunos desarrollos.

Los proyectos mencionados han contemplado la revisión completa del sistema de estimación de dosis internas para el tipo de radioisótopos existentes en las centrales en operación y con la finalización del último, prevista para el año 2003 se espera disponer de un sistema completo y actualizado, que no precisaría en principio una evolución significativa posterior hasta que las evidencias científicas contrastadas por la ICRP obliguen a revisar los modelos o métodos de medida. Los recursos dedicados a esta Área representan un 35% de los fondos dedicados a este Programa por el Sector.

Los resultados de estos proyectos han sido de aplicación directa a las CC.NN. y al CSN, habiéndose recogido en un programa informático –INDAC– que está en uso en todos los contadores de radiactividad corporal de las centrales y en el CSN, y en los procedimientos de calibración, verificación y funcionamiento de estos equipos.

Dentro de las carencias detectadas se puede destacar que actualmente no se dispone de tecnología propia en el Sector para la vigilancia y control de la exposición interna de emisores alfa, de primordial importancia en la fase de desmantelamiento de las instalaciones. El servicio de dosimetría interna de

referencia del Sector, junto con ENRESA y el CSN deberían abordar futuros desarrollos en el área de los emisores alfa.

A5.2. Dosimetría

El perfeccionamiento de la instrumentación e interpretación de las medidas de dosis de radiación es necesario para profundizar en las medidas de protección de las personas con riesgo a la exposición a radiaciones. Actualmente esta bastante resuelta la medida de radiación en campos simples y geometrías sencillas, de manera que la asignación de dosis a los trabajadores se realiza con una precisión adecuada.

No obstante geometrías complejas o necesidades espectrométricas especiales han dado lugar a siete proyectos en los que están incluidos dos de dosimetría neutrónica, dos de estudio mas profundo de los sistemas dosimétricos del mercado, para conocer su comportamiento en diferentes condiciones ambientales y uno de gestión e integración de los datos dosimétricos.

Esta área también tiene la característica de la conveniencia de consensuar desde el principio la mayor parte de los nuevos desarrollos con el Organismo Regulador, de manera que la posterior aplicación de los nuevos sistemas que se desarrollen tenga crédito por ambas partes. Por ello, prácticamente todos los proyectos desarrollados en la misma se han contemplado dentro del Plan Coordinado de Investigación CSN-UNESA, contando también con la participación de Ciemat, como centro de conocimiento institucional en este campo, así como el Instituto de Tecnología Nuclear de la Universidad Politécnica de Barcelona (segundo centro nacional de referencia de la dosimetría de radiaciones ionizantes) y el Departamento de Física Aplicada de la Universidad Autónoma de Barcelona, como centro de desarrollo teórico de los equipos de medida. En general se trata de proyectos reducidos, con participación básicamente de centros de investigación. Posiblemente esta dimensión ha propiciado que los productos obtenidos se hayan quedado en prototipos de laboratorio, aún lejos de los productos industriales que precisarían las centrales nucleares para su uso cotidiano.

Los resultados de estos proyectos no han sido, en general, de aplicación directa a las centrales nucleares, tal vez debido a la falta de un "tecnólogo" que fuera capaz de llegar a la industrialización de los productos y conocimientos adquiridos.

No se identifica actualmente una demanda urgente de abordar algún tema concreto en esta área por parte del Sector. Sin embargo, hay que destacar que no existe un patrón nacional para efectuar calibraciones y verificaciones de la instrumentación de dosimetría neutrónica o emisores beta, y parcialmente la de las partículas calientes. Tampoco tiene al país medios para verificar la respuesta de detectores a altas energías. Por ello sería necesario potenciar, a nivel de país, la creación de estos patrones en los centros de referencia nacionales o comunitarios (Ciemat, etc.).

Así mismo, es necesario mantener una capacidad tecnológica suficiente de desarrollo para poder profundizar en el conocimiento de los nuevos sistemas dosimétricos que vienen apareciendo y para tener capacidad de resolución de los problemas derivados de situaciones no habituales (geometrías, campos mixtos, etc.) que puedan surgir en las centrales. A estos efectos como ya se ha indicado sería conveniente incorporar, en estos y futuros desarrollos, a un socio tecnológico que sea capaz de transformar los desarrollos teóricos o de Laboratorio en aplicaciones industriales prácticas para las centrales. En este sentido se debería dar entrada a los fabricantes/comercializadores de equipos o al Servicio de Dosimetría de referencia del Sector Nuclear de Tecnatom, en estos proyectos.

A5.3. Técnicas de reducción de dosis (ALARA)

Los desarrollos para la reducción de dosis de las actividades de explotación de las centrales nucleares suelen tener una componente tecnológica que hace que se clasifiquen habitualmente en programas asociados a estos desarrollos tecnológicos, ya que el objetivo de reducción de dosis suele ser derivado del objetivo principal que es la mejora de la explotación (rapidez, precisión, etc.) en sí. Por ello en esta área se han recogido básicamente proyectos con una componente exclusivamente ALARA, enfocados a mejorar la formación de los trabajadores en Protección Radiológica, y un proyecto concreto de robótica que tiene el fin específico de reducir potenciales dosis a los trabajadores sin afectar a la disponibilidad de las centrales.

La simulación o aplicación de técnicas de realidad virtual son la base de los tres proyectos de formación recogidos en esta área, en los que DTN y posteriormente Tecnatom, como Centro de referencia de formación de las centrales nucleares es el promotor, contando con los apoyos tecnológicos necesarios (Ciemat, Universidad Politécnica de Madrid o Universidad Politécnica de Valencia). Esta área debería potenciarse en el futuro, con aplicación de las nuevas técnicas de formación a distancia (electronic learning).

Esta área no tiene la característica de compartir los nuevos desarrollos con el Organismo Regulador. Por ello todos los proyectos se han planteado directamente por el Centro de referencia del Sector en este campo, acogiéndose a Programas de Investigación de carácter más amplio (PROFIT). Han participado en estos proyectos principalmente las Universidades Politécnicas de Valencia, Madrid, el Ciemat y otras instituciones extranjeras.

Los resultados de estos proyectos podrían ser de aplicación directa a las CC.NN., disponiéndose actualmente de un producto comercializable como resultado del SIMU2. No obstante para su utilización rutinaria estos productos necesitan un desarrollo adicional para facilitar su particularización a los entornos y geometrías específicas de cada planta que se pretenden simular. Esta aplicación, no obstante formaría parte de la explotación comercial de los mismos. Así, incorporando geometrías, composición isotópica y blindajes existentes de los componentes más importantes de los recintos de contención, se pueden predecir tasas de dosis en contacto y en área en función de las

fuentes existentes (contaminación interior de tuberías, depósitos de "crud", tasas de dosis de equipos importantes, etc.).

Actualmente la aplicación de estos productos en las centrales españolas no es muy alta, tal vez debido a la falta de tradición en la utilización de estos nuevos medios.

Con la salvedad indicada al principio de este apartado respecto a los desarrollos tecnológicos que tienen alguna componente ALARA, se pueden identificar una línea que precisarían actividades de desarrollo por parte de las CC.NN.

Esta se refiere a la mejora de la capacidad predictiva de las técnicas de reducción de dosis, específicamente del término fuente. No se dispone en la industria nacional de modelos fiables semiempíricos de transporte de cobalto y otros productos de fisión en el refrigerante primario que puedan ayudar a estimar la eficacia de medidas de reducción de dosis, como pueden ser la química de H₂ en las centrales BWR, la adición de Zn, la adición de metales nobles, la sustitución de estelita, el cambio de acero al carbono por inoxidable, las aleaciones de cromo, etc. Este desarrollo es un tema típico de participación en proyectos internacionales con EPRI o dentro del marco de la UE.

A5.4. Estudios epidemiológicos

El colectivo de trabajadores de las centrales nucleares es una fuente muy adecuada de datos para la realización de estudios epidemiológicos de los efectos de las radiaciones ionizantes en las personas. En efecto, se trata de personas expuestas a niveles bajos de radiaciones, con una dosimetría de gran precisión y un seguimiento sanitario que suele ser más intensivo que la media de los trabajadores cuando están en activo y que suele mantenerse una vez que el trabajador pasa a situación pasiva. Este hecho ha dado lugar a la participación de las centrales nucleares españolas, junto al CSN, en un estudio epidemiológico internacional propiciado por el Centro del Cáncer de Lyon (IARC), aportando los datos dosimétricos y sanitarios de los trabajadores de las centrales nucleares españolas, debidamente tratados para evitar la asociación de la información a individuos concretos.

Sin embargo, también es cierto que este tipo de estudios conlleva la necesidad de disponer de colectivos muy amplios para poder extraer conclusiones fiables, por lo que solo es posible el planteamiento de proyectos de este tipo en un ámbito internacional. Recientemente ha habido en diferentes países revuelos mediáticos que afectan a las instalaciones nucleares derivados de la publicación de conclusiones de estudios parciales sobre efectos de las radiaciones, en colectivos claramente insuficientes.

Por ello, no se identifican actualmente proyectos a promocionar, a nivel nacional, en esta área, debiéndose rechazar fuertemente la aparición de iniciativas particulares con fines epidemiológicos de muestras irrelevantes por

su tamaño. No obstante se debe considerar favorablemente la participación en proyectos internacionales con dimensión y solvencia técnica adecuadas.

2.6. Programa 6: EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

2.6.1. Áreas cubiertas

Este programa tiene como objetivo mejorar la estimación del impacto radiológico de la operación de las centrales nucleares en el entorno de las instalaciones y el desarrollo de herramientas para minimizar este impacto en caso de situaciones accidentales.

El Programa comprende dos áreas concretas:

A6.1. Evaluación de términos fuente y dosis ambientales en operación normal y emergencias.

A6.2. Radiación natural en el entorno de las centrales.

No se incluido en estos programas otras áreas de potencial interés, 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, que si bien son de interés cara al futuro, se entiende que no corresponde al Sector Nuclear su desarrollo.

2.6.2. Programas y proyectos en curso

A6.1. Evaluación de términos fuente y dosis ambientales en operación normal y emergencias.

Los tres proyectos incluidos en esta área se refieren básicamente a puesta a punto de códigos para la estimación de consecuencias de descargas de actividad al exterior en situaciones accidentales, y los efectos mitigadores de estas consecuencias por la aplicación de contramedidas. No se han incluido como actividades de I+D la revisión de modelos de estimación de dosis en operación normal (Programa DOGALI) ya que se ha considerado una actividad de ingeniería, al partir de modelos ya homologados y parámetros proporcionados por el CSN u otros organismos internacionales. Han participado en estos proyectos principalmente Iberinco y la Universidad del País Vasco.

Dos de estos proyectos están basados en programas internacionales, consistiendo la actividad en su adaptación a centrales españolas. El otro se refiere a un modelado de las centrales para evaluación realista de términos fuente en caso de accidente, y esta realizándose conjuntamente con el CSN (PCI).

En general, se considera conveniente abordar los proyectos de esta área conjuntamente con el Organismo Reguladores, si bien se considera que el establecimiento de nuevos modelos o determinación de parámetros para los

mismos más realistas, según propugna la nueva normativa, se considera principalmente función del Organismo Regulador. Actualmente éste lidera diversas iniciativas en este sentido.

También es importante destacar que con los modelos actuales, sobre los que se coincide que tienen un grado de conservadurismo importante, el impacto radiológico estimado debido a las descargas de las centrales está ordenes de magnitud por debajo de los límites establecidos y debajo de los niveles admitidos como ALARA, es decir que no precisan acciones adicionales para su reducción. Por todo lo anterior se considera que no es preciso plantear más iniciativas en esta área.

Aunque estos proyectos están en curso, se espera que los resultados de estos proyectos sean de aplicación directa a las centrales nucleares, esperándose disponer de un código informático básico adaptable a cada central.

A6.2. Radiación natural en el entorno de las centrales

El conocimiento más detallado de la radiación natural en el entorno de las centrales nucleares es importante para poder evaluar las causas de posibles incrementos puntuales de estos valores, que pueden ser atribuidos a descargas de la central pero en realidad ser debidos a fenómenos naturales. Por ello, los dos proyectos correspondientes a esta área se centran en la medida de los niveles de radiación en el exterior e interior de viviendas debidas a la radiación natural.

Por sus objetivos es conveniente que los proyectos de esta área se realicen conjuntamente con el Organismo Regulador, para compartir el conocimiento de la fenomenología asociada a la variación de las dosis ambientales. Por ello, los proyectos desarrollados en la misma se han contemplado dentro del Plan Coordinado de Investigación CSN-UNESA, contando también con la participación de la Universidad de Cantabria, como centro de conocimiento en este campo.

No se identifica actualmente una demanda urgente de abordar algún tema concreto en esta área. No obstante, parece necesario mantener un grado suficiente de desarrollo para profundizar en el conocimiento de posibles nuevos fenómenos que pudieran aparecer. Estos proyectos representan un 10% de los recursos dedicados a este Programa por el Sector.

Los resultados de estos proyectos han significado material bibliográfico para establecer las dosis ambientales de fondo en el entorno de las centrales nucleares.

2.7. Programa 7: OPTIMIZACIÓN DEL IMPACTO RADIOLÓGICO

2.7.1. Áreas cubiertas

Este programa tiene como objetivo desarrollar tecnologías y prácticas para reducir el impacto radiológico de la operación y gestión de residuos de las centrales nucleares. Es importante destacar que, según se ha indicado en el apartado anterior, el impacto radiológico estimado debido a las descargas de las centrales está ordenes de magnitud por debajo de los límites establecidos y debajo de los niveles admitidos como ALARA, por lo que no hay una actividad de desarrollo de nuevas técnicas para reducir estos valores. No obstante sí se realizan proyectos relacionados con la gestión de residuos, y en concreto con nuevas técnicas de tratamiento y caracterización de residuos.

El programa comprende dos áreas concretas:

A7.1. Técnicas de gestión de materiales y residuos.

A7.2. Caracterización de materiales susceptibles de desclasificación.

En ambas áreas los proyectos presentan la conveniencia de consensuar, desde el principio, los nuevos desarrollos con el Organismo Regulador y con ENRESA, ya que las prácticas deben ser autorizadas y compartidas por ambos organismos, proveyéndose además fuentes de financiación adicionales por el efecto de reducción del volumen de residuos.

Otras posibles áreas relacionadas con este Programa, como el tratamiento de áreas afectadas por accidentes no está actualmente entre las actividades de las centrales nucleares, ya que la responsabilidad de estas actuaciones es básicamente del CSN y otros organismos.

2.7.2. Programas y proyectos en curso

A7.1. Técnicas de gestión de materiales y residuos

Los dos proyectos incluidos en esta área están relacionados con el tratamiento de residuos, con el fin último de reducir sus riesgos y su volumen de almacenamiento.

La necesidad de estos proyectos deriva de la búsqueda de soluciones alternativas más ventajosas de los residuos de actividad media, que se traduzca en menores niveles de radiación o menor volumen de almacenamiento, con objeto de optimizar las instalaciones del El Cabril.

Como ya se ha indicado, en estos proyectos participa tanto el CSN como ENRESA, con objeto de facilitar la implantación de sus resultados.

Si bien esta área tiene interés para las centrales nucleares, se entiende que su promotor principal de la misma debería ser ENRESA, ya que es el beneficiario principal de sus resultados. Por ello no se considera un área prioritaria para el

sector, aunque es conveniente estar presente en los planteamientos y desarrollos de los proyectos, de manera que estos sean aplicables a la realidad de las plantas.

Los resultados de estos proyectos serían de aplicación si se culminasen estos trabajos con un proceso de licenciamiento de las opciones técnicas que se han desarrollado, para utilizarlas como matrices alternativas de los residuos radiactivos de las centrales.

Á7.2. Caracterización de materiales susceptibles de desclasificación

Dentro de la tendencia de reducción de volumen de residuos radiactivos a gestionar y la optimización de los recursos disponibles, existe una tendencia a nivel internacional para desarrollar metodologías y técnicas para poder segregar lo que es “radiactivo” –y, por lo tanto, tiene riesgos asociados que hay que prevenir–, y lo que no lo es, que por lo tanto puede tratarse como material convencional. En esta línea, las centrales nucleares, ENRESA y el CSN han ido avanzando tanto para poder definir la raya entre “radiactivo” y “no radiactivo”, como para disponer de técnicas y métodos fiables para caracterizar niveles de actividad de distintos materiales y equipos.

Aunque muchos de estos trabajos y estudios se están llevando a cabo en el ámbito de la ingeniería, algunos aspectos han sido objeto de desarrollos de investigación, como el proyecto incluido en esta área. Como ya se ha indicado, en el mismo participa tanto el CSN como ENRESA, con objeto de facilitar la implantación de sus resultados.

Si bien esta área tiene interés para las centrales nucleares, también se entiende que su promotor principal debería ser ENRESA, ya que es el beneficiario principal de sus resultados. Por ello tampoco se considera un área prioritaria para el sector, aunque sus desarrollos pueden racionalizar el destino final de chatarras y equipos usados de las centrales, evitando su embidonado y envío a EL Cabril.

Los resultados de este proyecto se han trasladado al proyecto genérico de desclasificación de chatarras presentado por las centrales nucleares al CSN, y que ha dado lugar a aplicaciones específicas en algunas centrales, en las que se han desclasificado determinados materiales metálicos.

2.8. Programa 8: COMBUSTIBLE GASTADO Y RESIDUOS DE ALTA ACTIVIDAD

Si bien esta área tiene interés para las centrales nucleares, se entiende que su promotor principal de la misma es ENRESA, ya que es el responsable final de este tema. Por ello, el Sector ha trabajado poco en proyectos de I+D, aunque sí en aspectos de ingeniería tendentes a dar solución al almacenamiento temporal de los elementos de combustible, que se ha resuelto con el diseño, licenciamiento y construcción de una nave de almacenamiento en seco en la

C.N. de Trillo. Como proyecto de I+D+I solamente se puede mencionar un proyecto de diseño de un contenedor de combustible para BWR, desarrollado conjuntamente con ENSA e Hitachi como potenciales fabricantes de estos equipos.

Los resultados de estos proyectos serían de aplicación si se culminasen estos trabajos con un proceso de licenciamiento de las opciones técnicas que se han desarrollado, para utilizarlas como contenedores alternativos a los actualmente existentes en el mercado.

2.9. Programa 9: CENTRALES AVANZADAS

2.9.1. Áreas cubiertas

El programa de centrales nucleares avanzadas tiene como objetivo principal disponer de diseños de reactores seguros, competitivos y licenciables en un plazo coherente con las necesidades españolas de construcción de nuevas centrales nucleares.

Para la consecución de este objetivo, el programa comprende, básicamente, dos áreas de actividad:

A9.1. Especificaciones técnicas para las futuras centrales nucleares

Su propósito es profundizar en la armonización internacional de requisitos y normativas sobre centrales nucleares avanzadas, evitando el establecimiento de barreras tecnológicas e incorporando las posiciones de las empresas eléctricas españolas.

A9.2. Proyectos de desarrollo de reactores

Su propósito es la participación activa en programas internacionales de desarrollo de reactores con solidez y garantía de futuro:

- Considerando tanto la experiencia y tradición tecnológicas españolas como la pertenencia de España a la Unión Europea.
- Manteniendo abiertas las líneas PWR y BWR dentro de los conceptos evolutivo y pasivo.
- Garantizando un coste de generación competitivo.
- Potenciando el desarrollo tecnológico en aquellas áreas en que se ocupa ya una posición de liderazgo.
- Realizando, preferentemente, actividades de alto valor añadido, así como actividades sinérgicas con las demandas de las actuales centrales nucleares.
- Promoviendo la colaboración de la industria, los centros de investigación y la universidad.

El programa de centrales nucleares avanzadas ha sido liderado, desde su inicio, por el Sector Eléctrico, siendo DTN la empresa que tiene encomendada la misión de promover y coordinar las actividades del Sector Eléctrico en este campo.

2.9.2. Programas y proyectos en curso

- *Proyecto de Centrales Nucleares Avanzadas (PCNA)*

Este proyecto, que se inició en 1992 y ha concluido en el año 2002, se planteó como una iniciativa del Sector Eléctrico español en la dirección de integrar su experiencia y capacidades nucleares con las de otros productores eléctricos internacionales para:

- Definir conjuntamente los requisitos exigibles a las centrales nucleares de la próxima generación.
- Desarrollar, con el grado necesario para su licenciamiento, el proyecto de dos modelos de reactores con seguridad pasiva, así como sus modelos sinérgicos evolutivos y sus adaptaciones a Europa.

El alcance del proyecto ha englobado la participación española en el Programa ALWR de EPRI y, más concretamente, la participación en la certificación del documento de requisitos de las Empresas Eléctricas de EE.UU. desarrollado por EPRI (URD), en la certificación de los diseños pasivos (SBWR y AP600) y en el desarrollo de dichos diseños en colaboración directa con General Electric y Westinghouse, incluyendo el desarrollo del reactor evolutivo ABWR, principalmente en sus aspectos sinérgicos con el SBWR, y la adaptación de ambas tecnologías, PWR y BWR, a Europa (proyectos EPP/AP1000 y EBWR, respectivamente).

Este proyecto ha abarcado, por tanto, las áreas A9.1 y A9.2.

El proyecto PCNA no sólo ha cumplido ya al día de hoy ampliamente los objetivos fijados, sino que está superando las expectativas más optimistas en cuanto a retornos comerciales se refiere. Así, derivados de este proyecto, liderado por DTN, se han obtenido numerosos contratos para la industria española, el reconocimiento internacional de la labor realizada por la industria y los investigadores nacionales, y la documentación de diseño de los reactores AP600 y ABWR, ambos licenciados por la NRC.

En este proyecto, en el que se han desarrollado más de 120 actividades de codesarrollo, han participado, por parte española: la UTE (Empresarios Agrupados-Initec), Tecnatom, Ciemat, ENSA, ENUSA, Empresarios Agrupados Internacional, Iberinco, Initec y la Universidad Politécnica de Valencia.

Este proyecto tiene su continuidad en el Proyecto de Central Avanzada Europea.

- *Proyecto EUR (European Utility Requirements)*

El objeto de este proyecto, que se encuadra en el área A9.1, ha sido la elaboración, por parte de un importante grupo de empresas eléctricas europeas, de unos requisitos comunes para las centrales nucleares de agua ligera que en el futuro se construyan en Europa.

El Programa EUR se inició en el año 1991 y colaboran en él, actualmente, las empresas eléctricas de once países: British Energy/Nuclear Electric (Reino Unido); DTN; Electricité de France; Fortum y TVO (Finlandia); NRG (Países Bajos); SOGIN (Italia); Tractebel (Bélgica); Vattenfall/Forsmark (Suecia); UAK (Suiza); VDEW (Alemania) y Rosenergoatom (Federación Rusa), esta última en calidad de miembro asociado.

Al día de hoy se dispone ya del documento: "European Utility Requirements for LWR NPPs". Este documento contiene unas especificaciones tanto para la isla nuclear (Volúmenes 1 y 2, Rev. C) como para la isla convencional (Volumen 4, Rev. B), que han sido contrastadas con las que en su día elaboraron las empresas eléctricas de EE.UU. (en las que también participó el Sector Eléctrico español) y con cinco diseños de reactores avanzados (Volúmenes 3 de los diseños: BWR90 de Westinghouse Atom, EPR de Framatome ANP, EPP de Westinghouse, ABWR de General Electric y SWR1000 de Framatome ANP), que se cuentan entre los diseños con más posibilidades hoy por hoy de acceder al mercado europeo. Estas especificaciones, además de orientar el desarrollo de los diseños, están siendo ya objeto de uso. Así, el documento EUR, en su versión actual, ha constituido la base para la preparación de la parte técnica de la especificación de compra de la 5ª unidad finlandesa.

Este proyecto tiene su continuidad en el Proyecto de Central Avanzada Europea.

- *Proyecto de Central Avanzada Europea (PCAE)*

Este proyecto, que se encuadra en las áreas A9.1 y A9.2, comprende las siguientes tres líneas de actividad:

- Documento EUR

Las actividades actuales y futuras en relación con el documento EUR se centran en el mantenimiento de su vigencia, así como en la profundización en la armonización de áreas tales como los requisitos de seguridad o los requisitos de la red, y en la evaluación de otros diseños de reactores.

- Adaptación de los diseños a Europa

Se parte de los diseños certificados por la NRC, ABWR y AP600, en los que la contribución española ha sido muy importante, del diseño AP1000 (uprate del AP600), en proceso de certificación por la NRC, y de la consideración de

la importancia de que estos diseños sean aplicables en Europa, especialmente allí donde se prevea que se puedan construir a corto plazo, y se plantea esta línea como continuación de las actividades llevadas a cabo en relación con estos diseños, con el objetivo de afianzar su adaptación a las condiciones europeas, promover la participación de la industria española en la futura comercialización de los diseños dentro de Europa y tener acceso a la última tecnología de centrales avanzadas.

Asimismo, está prevista la participación en el proceso de Certificación del AP1000 por la NRC.

– Proyecto INPRO

Tiene por objeto la colaboración en el ‘International Project on Innovative Reactors and Nuclear Fuel Cycles’ del OIEA, en el que participan actualmente veinte países, además de la Unión Europea y otros Organismos Internacionales, y que tiene como objetivos: asegurar la disponibilidad de energía nuclear sostenible en el siglo XXI, con un horizonte temporal de aplicación de 50 años; conseguir diseños y ciclos de combustible fiables, competitivos, resistentes a la proliferación y respetuosos con el medio ambiente; e involucrar a empresas e instituciones a nivel internacional.

2.10. Programa 10: ESTUDIOS HISTORICO-SOCIOLÓGICOS

Si bien esta área tiene interés para las centrales nucleares por su relación con la opinión pública y la aceptación social de este tipo de energía no hay una tradición de realización de actividades de I+D en esta área. Inicialmente dentro de la Comisión de Comunicación de UNESA, y actualmente en el Foro Nuclear si se realizan actividades conjuntas en esta línea, pero que no tienen carácter de investigación, sino de aplicación de técnicas de comunicación.

Tampoco existe actualmente una tradición de participación del Sector en proyectos internacionales de I+D en este Programa, aunque sí en colaboración de proyectos de comunicación a nivel comunitario, etc.

2.11. Programa 11: GESTIÓN DE VIDA

2.11.1. Áreas cubiertas

Se han identificado por el Sector en este programa cuatro áreas de desarrollo:

A11.1. Definición de criterios genéricos de Gestión de Vida.

A11.2. Seguimiento "on line" de vida.

A11.3. Vigilancia, inspección y reparación de componentes críticos de la central.

El objetivo de este programa es continuar el esfuerzo realizado en esta área en el pasado con proyectos I+D relacionados con la elaboración y aplicación de

una metodología de Gestión de Vida, mediante la mejora e implantación de las herramientas que apoyan la aplicación de esta metodología en las CC.NN. Esta mejora debe encauzarse también por la optimización y búsqueda de nuevos algoritmos para la predicción del comportamiento de estructuras, sistemas y componentes críticos de las CC.NN., así como por las experiencias de otras CC.NN. que por su tiempo de funcionamiento llevan acumulada una historia y conocimiento importante en esta área (este punto puede seguirse a través de los Grupos de Propietarios y centros I+D, WOG, BWROG, EPRI, ...). Ello permitirá una mejor posición en los estudios y análisis de una operación más allá de los 40 años. Como apoyo y complemento al alcance definido anteriormente, deben potenciarse los nuevos desarrollos que se propongan en el área de vigilancia, inspección y reparación de componentes críticos.

No se han identificado áreas en este programa dentro del catálogo del CSN, aunque es clara la íntima relación de las áreas de materiales, curva patrón y mejora técnica de la inspección del Programa 2 “Barrera de presión del circuito primario” con este programa. Materiales, Mantenimiento y Gestión de Vida son tres programas estrechamente relacionados, que usan unos los resultados de otros.

2.11.2. Programas y proyectos en curso

A11.1. Definición de criterios genéricos de Gestión de Vida

En esta área están encuadrados los proyectos ya realizados y cuya continuación es necesario, para estar al día en el estado del arte en la materia.

Como antecedentes en este programa se pueden citar las actuaciones coordinadas del Sector, mediante la creación de grupos específicos de trabajo, primero dentro de los Grupos de Propietarios Españoles PWR y BWR, siguiendo el proyecto piloto de Monticello en USA, y posteriormente dentro de UNESA. En los primeros años 90, las CC.NN. desarrollaron una metodología para la Gestión de la Vida Útil de las instalaciones que desde entonces está siendo aplicada por los mismos, y dónde se definen los criterios de selección para Gestión de Vida.

En esta área, la participación internacional actualmente está encuadrada dentro de los grupos de propietarios WOG y BWROG, así como con el programa BWRVIP del EPRI, foros a los que pertenecen todas las CC.NN. occidentales referencias de las españolas.

Asimismo, ha finalizando el proyecto de Metodología de Validación de ensayos no destructivos (VENDE).

Con el seguimiento, de las actividades de los Grupos de Propietarios, se puede garantizar la correcta aplicación futura de los programas de Gestión de Vida integrada en una operación extendida de las CC.NN.

Los actores principales son las propias CC.NN. con sus actuales programas y la participación con las instituciones internacionales citadas anteriormente.

A11.2. Seguimiento “on line” de vida

Como aplicación de esta metodología las CC.NN. desarrollaron dentro del PIE una herramienta para la aplicación de la citada metodología de las CC.NN. (SIGEVI), actuando C.N. Vandellós II como planta piloto, y que permitirá en el futuro tras la experiencia en sus aplicaciones, identificar nuevas áreas de mejora y propuestas de desarrollo, fundamentalmente en la elaboración de nuevos algoritmos para predecir tendencias de comportamiento de parámetros críticos en alguno de los módulos desarrollados, o bien, mejora de los actualmente existentes (fundamentalmente estadísticos), así como abordar el desarrollo de módulos específicos de los BWR.

En esta área están agrupados dos proyectos: una herramienta de aplicación de la metodología de Gestión de Vida elaborada por UNESA y aplicada por las CC.NN., y un segundo proyecto específico para el cálculo de vida en componentes sujetos a fluencia térmica.

El primer proyecto puede mejorarse y ampliarse su alcance a otros módulos distintos a los de la actual planta piloto (C.N. Vandellós II). El segundo proyecto entra dentro de la categoría de desarrollos de nuevas metodología/algoritmos, que teniendo en cuenta el histórico de las plantas, permitan predecir mejor la vida útil de componentes críticos de las plantas.

Dentro de esta área hay que destacar por su importancia la participación en el grupo de usuarios de análisis de fatiga, FatiguePro, desarrollo de EPRI y que permite conocer los consumos de fatiga en puntos críticos de las plantas.

El proyecto XPECTION de la Unión Europea, en el que participa Endesa y Tecnatom, que desarrolla metodología para el cálculo de vida útil en componentes sujetos a fluencia térmica y el “Sistema de inspección de turbogrupos para los rotores de turbinas y alternadores” están también dentro de esta área.

La justificación de estos desarrollos está en un mejor conocimiento del estado de vida de cada componente y su relación con actuaciones del mantenimiento/repelación/ sustitución y previsión de consumo de vida.

Los actores principales en estas áreas son los laboratorios de investigación y empresas de servicios/ingeniería que han desarrollado las herramientas de apoyo a la aplicación de la metodología actual.

A11.3. Vigilancia, inspección y reparación de componentes críticos de la central

Esta área complementa las dos anteriores. Existen actualmente dos proyectos activos, uno propuesto recientemente relativo al envejecimiento de cables y otro en el área de inspección de turbogrupos.

Así, dentro de esta área de envejecimiento de cables eléctricos en las CC.NN., permitirá establecer una base común de actuación de las plantas en el desarrollo de actividades de vigilancia de estos componentes.

Este tipo de desarrollos puede hacerse extensivo en el futuro a otros componentes críticos que se considere existe una necesidad de actuación.

Los actores principales en estos desarrollos son las empresas de ingeniería y servicios, siendo necesario conocer las guías y desarrollos realizados por organismos internacionales (OIEA, etc.). La justificación de estos proyectos está en resolver los retos tecnológicos presentes, apoyar los actuales programas de Gestión de Vida y, junto a la experiencia internacional, facilitar la operación de las CC.NN. a largo plazo.

2.12. Programa 12: MEJORA DISPONIBILIDAD PLANTA Y PRÁCTICAS OPERATIVAS

2.12.1. Áreas cubiertas

Se han identificado en este programa cuatro grandes áreas de desarrollo:

- A12.1. Desarrollo de técnicas para optimización del mantenimiento.
- A12.2. Mejora de sistemas de ayuda a la explotación.
- A12.3. Aplicación de tecnología digital a sistemas de instrumentación y control.
- A12.4. Robótica.

Estas permiten apoyar las actuaciones en curso de modernización de las CC.NN. en explotación, 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.

No se han incluido en este programa otras áreas, dado que en el catálogo no aparecen para otros Sectores distintos a las CC.NN. áreas de interés.

A12.1. Desarrollo de técnicas para optimización del mantenimiento.

Dentro del área de mantenimiento destacan los proyectos relativos a técnicas predictivas. El desarrollo de estas técnicas junto con el mantenimiento basado en la condición, permitirían optimizar esta área en las CC.NN.

Los proyectos VIRMAN, STARMATE y Centro Formación Mantenimiento, desarrollados por Tecnatom, permiten mejorar la formación en esta área mediante el uso de herramientas informáticas avanzadas.

En relación a la mejora técnica de inspección y monitorización existen un conjunto de desarrollos que mejoran las técnicas de inspección existentes: AMICA, ROBTANK, Sistema Inspección Cambiadores de Calor, Nuevos sistemas de adquisición datos de corrientes inducidas y UT –desarrollados por Tecnatom–, y Diagnóstico on-line de fallos en transformadores de potencia.

Los actores principales en estas áreas son las empresas de ingeniería y servicios, así como los programas existentes en los Grupos de Propietarios (WOG y BWROG) y los desarrollos realizados por otras organizaciones en forma de guías, herramientas de simulación, etc. (EPRI, INPO, etc.).

A12.2. Mejora de sistemas de ayuda a la explotación

En esta área existen dos proyectos en curso relativos a la monitorización del rendimiento térmico y parámetros críticos del ciclo secundario, así como varios desarrollos con el WOG relativos a modelos de fugas de sellos en bombas del primario, estudio de fugas en generadores de vapor y criterios de inspección en los motores de las bombas principales.

También el BWROG tiene actividades en esta área, como son: válvulas (MOV's, AOV's), fugas en SRVs, etc.

Las empresas de ingeniería y servicios, así como los Grupos de Propietarios son los actores principales. Asimismo, el Proyecto internacional Halden suministra información de los resultados en su área de interfase hombre-máquina.

Los problemas resueltos con estos desarrollos afectan a las áreas de mantenimiento y apoyo a la operación de las CC.NN. mediante la incorporación de las mejores prácticas internacionales que se centran en estos Grupos de Propietarios y proyectos internacionales.

A12.3. Aplicaciones de tecnología digital a sistemas de instrumentación y control

La instrumentación y control digital es una de las bases principales de este Programa. Ha finalizado el proyecto de “Metodología para la aplicación de sistemas de I&C digitales en centrales nucleares” para obtener una metodología para el licenciamiento de instrumentación digital y contrastar la misma y ganar experiencia aplicándola a dos casos prácticos. Así mismo, está terminándose el proyecto “Estudio viabilidad de la modernización I&C en Salas de Control”, en el que han participado Endesa, Iberdrola y Tecnatom y que tiene a C.N. Vandellós II como planta piloto, que incorpora las últimas experiencias internacionales en esta área.

Asimismo, cabe mencionar el programa del WOG para obtener la aprobación de la NRC en la metodología de análisis de defensa en profundidad y diversidad en la migración a sistemas de control y protección digitales.

En el futuro, la mejora de la sensorización en áreas críticas mediante nuevos desarrollos, debe ser analizada.

Los problemas asociados a la disponibilidad de los repuestos para los componentes actuales, así como una mejora sustancial en el mantenimiento de los equipos y capacidad de información/manejo de la nueva instrumentación, justifica los desarrollos en curso y futuros.

Las empresas de ingeniería y servicios, en estrecha relación con los diseñadores, deben ser los que aporten su experiencia en estos temas.

Estos proyectos pueden ser catalogados en las áreas B ó C para el PCI por su importancia en el proceso de licencia.

A12.4. Robótica

En el área de robótica, se realizaron en el pasado los desarrollos del proyecto SRT (Sistemas robóticos teleoperados), funcionando alguno de ellos en C.N. Cofrentes como planta piloto.

Nuevos desarrollos robóticos en el área de la telemanipulación con realimentación de esfuerzos y sistemas robóticos de raíl de pequeñas dimensiones podrían aportar ayuda en intervenciones con dosis altas, apoyo en mantenimiento, mejorando la disponibilidad de las plantas por no reducir potencia en ciertos incidentes y disminución de dosis individuales por mejora de las intervenciones.

En esta área está en curso de ejecución el proyecto SIMANTEL.

2.13. Programa 13: REACTORES DE FUSIÓN NUCLEAR

En el pasado el Sector Nuclear ha colaborado con iniciativas relacionadas con la fusión nuclear, aportando fondos a proyectos institucionales con este objetivo. Destacan como Centro de referencia tecnológicos el Ciemat en el área de la fusión por confinamiento magnético, y la Universidad Politécnica de Madrid en el área de la fusión por confinamiento inercial.

En la actualidad no hay unas líneas de financiación abiertas en el Sector para este Programa, aunque las investigaciones a nivel institucional continúan su curso con fondos nacionales.

3. ANÁLISIS DE LA EXPERIENCIA ACUMULADA Y LECCIONES APRENDIDAS

En el Capítulo 2 se han descrito los programas de I+D+I en los que el Sector nuclear español ha venido participando desde el año 1998. Del análisis del desarrollo y resultados de estos proyectos se pueden extraer las siguientes conclusiones.

3.1. GENERAL

El Sector Eléctrico ha participado en más de 180 Proyectos de I+D+I nucleares en los últimos cinco años, con una inversión media anual del orden de **9 MEuros**. El presupuesto total de los proyectos en los que se ha participado, considerando las aportaciones de otras empresas nacionales como extranjeras a estos proyectos, es del orden de **48 MEuros** anuales, lo que da un efecto multiplicador de más de **5** respecto a la inversión realizada.

En esta aportación están incluidos tanto los fondos propios como los obtenidos de subvenciones a través de las empresas del Sector. Hay que destacar que el porcentaje de estas subvenciones procedentes de organismos oficiales, es manifiestamente inferior a los valores de otros países equivalentes, teniendo en cuenta el peso de la energía nuclear en el parque de generación eléctrico español.

Analizando por Programas se observa que los programas con mayor número de Proyectos y presupuesto son el de Barrera de Presión (37%), Mejora de Disponibilidad y Prácticas Operativas (16%), APS y Factores Humanos (13%), Combustible Nuclear (13%), Gestión de Vida (4%) y Protección Radiológica (2%), aparte del de Centrales Avanzadas (12%).

También es importante comentar sobre la dimensión de los proyectos. Entre Programas hay una notable diferencia. Así en el Programa de Combustible Nuclear el presupuesto medio total por proyecto está en torno a 3 MEuros, mientras que en los Programas de Protección Radiológica no llegan a 0,1 MEuros. Aunque lógicamente cada Programa tiene sus características diferenciales, la experiencia ha sido que es conveniente abordar proyectos de mayor dimensión, aunque esto implique su división por fases y una dirección más dedicada para identificar posibles revisiones de su orientación, en caso de desvío de las expectativas asociadas al mismo.

3.1.1. Alcance

Los Programas de I+D+I descritos y los proyectos que los componen cubren la práctica totalidad de las áreas de interés de la tecnología nuclear actualmente en explotación en nuestras centrales, si bien la evolución de la tecnología va poniendo de manifiesto nuevas inquietudes que se identifican adecuadamente en cada Programa. También es importante destacar la existencia de Programas con mucho potencial de investigación, como el 8.- Combustible

gastado y residuos de alta actividad, en los que el Sector como tal no ha estado ni está presente. Esto es debido a que si bien deben estar en la relación para configurar toda la problemática de la explotación nuclear, la responsabilidad de la resolución de los problemas asociados corresponde a otros organismos ajenos al sector, en este caso concreto a ENRESA.

Es importante destacar que la experiencia demuestra que la participación en Programas internacionales presenta la ventaja de compartir una mayor potencia técnica para la resolución de los problemas y, por lo tanto, el efecto multiplicador de la inversión es mucho mayor que en proyectos exclusivamente nacionales y permite la actualización y mejora de nuestros propios centros tecnológicos. Son los Programas de las centrales norteamericanas, por ejemplo EPRI, WOG y BWROG, los que se aproximan más a la problemática de las centrales españolas y generan productos de aplicación a las mismas. Aunque se está participando en los Programas de EPRI que se consideran de más interés, actualmente se está analizando la posibilidad de participar como miembro de pleno derecho en este organismo, lo que da derecho a participar en la orientación de las líneas de investigación y a acceder a los resultados de la investigación realizada por este organismo en toda su historia.

Los programas europeos también responden en principio a esta orientación, siempre y cuando haya presencia de la industria en su definición. Si ésta no se materializa, el resultado es que sus líneas resultan aparentemente trazadas para el mantenimiento de los Centros de Investigación nacionales, más que a la aplicación real en la industria de los productos obtenidos. Ello confirma que la falta de presencia activa de la industria en los órganos de representación y de decisión de la orientación de estos programa condiciona totalmente los retornos de este esfuerzo inversor.

Respecto a los actores en los 13 Programas contemplados en el apartado 2, hay que destacar la importante participación de los centros tecnológicos de referencia nacionales. Tecnatom, Ingenierías especialistas, Ciemat y Universidades Politécnicas. Estas instituciones han demostrado saber situarse en 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 este fondo tecnológico como un patrimonio nacional, más que sectorial. No obstante, se observa una dispersión tal vez demasiado amplia de los recursos para conseguir el fin de potenciar a centros tecnológicos concretos que resulten de mayor interés. Este aspecto debe tenerse en cuenta en la selección de futuros colaboradores.

3.1.2. Explotación de resultados

Desde el punto de vista del Sector, las actividades de I+D+I promovidas por el mismo deben generar productos, métodos y resultados aplicables a la explotación más segura y económica de las instalaciones nucleares. Son por lo tanto actividades principalmente de investigación aplicada. Por ello, se ha expuesto en el punto anterior la necesidad de promocionar convergencia de

intereses del Sector con programas promovidos por la industria eléctrica de otros países que tienen el mismo fin.

En este sentido hay que destacar que en algunos proyectos se ha detectado una falta el nexo entre el resultado de la investigación, a nivel de Centro tecnológico, con la operativa diaria de la Central. Esta carencia, muchas veces no planteada a priori en el Proyecto por la lógica incertidumbre acerca de los resultados de la investigación, y otras por la no participación activa e interesada del usuario final en la definición del mismo, se intenta suplir con el planteamiento de "Fases 2" de estos proyectos, en general de difícil aceptación. Esto obliga a las centrales interesadas en aplicar los resultados y a posibles explotadores de los resultados a realizar esfuerzos individuales, algunas veces redundantes, y generalmente ineficaces, para implantar los resultados del desarrollo, o bien a plantearse el adquirir una tecnología equivalente a suministradores extranjeros.

Otra carencia relacionada con lo anterior, que se detecta en algunos proyectos, se refiere a la identificación de Centros tecnológicos sectoriales donde pudiera residir el conocimiento básico adquirido como resultado del proyecto, aportando estos Centros una dimensión comercial y de aplicación del mismo.

Una estrategia adecuada de la I+D+I debe proveer soluciones adecuadas para estas situaciones identificadas.

3.1.3. Gestión de proyectos

Para concretar en este esquema, se decidió que la Comisión de Tecnología y Seguridad de UNESA actuase como elemento coordinador y gestor de las propuestas de I+D+I, tanto individuales como conjuntas, que se planteen en las centrales nucleares y UNESA, y esté informada de aquellas que afectan al Sector Nuclear promocionadas por Tecnatom y DTN.

Sobre estas bases y teniendo en cuenta la visión global de las actividades de investigación del conjunto de los Programas, la Comisión de Tecnología y Seguridad tiene capacidad de aprobar, rechazar o sugerir modificaciones a las propuestas que vengan de las centrales o de otras Comisiones o Grupos de Trabajo de UNESA. Estas modificaciones pueden ir en la línea de que otros actores puedan apuntarse a la iniciativa, revisándola si fuera necesario para que también cubra sus necesidades, o en el planteamiento de la explotación de los resultados de los proyectos. La Comisión también tiene capacidad de sugerir la inclusión del Proyecto en alguno de los Programas compartidos, nacionales o internacionales en curso.

Estas capacidades se basan en la existencia de un Responsable del Sector por Programa o conjunto de Programas relacionados. Este Responsable debe ser capaz de conocer con profundidad las problemáticas de las centrales y las capacidades y posibles iniciativas nacionales e internacionales para su resolución, de manera que pueda aportar información para evaluar los

desarrollos que se propongan para resolver estas problemáticas en el sentido más adecuado.

3.1.4. Otros beneficios

Se citan, entre otros, los siguientes:

- La participación en proyectos internacionales ha supuesto la adquisición y asimilación de los productos y resultados de dichos proyectos, la aportación de proyectos nacionales propios, y el reconocimiento de la capacidad técnica del sector nuclear español por parte de la comunidad internacional.
- La realización de proyectos conjuntos con el organismo regulador (CSN) redundan en una mayor fluidez de las relaciones entre el operador y el regulador, y favorece el establecimiento de puntos de partida comunes para el entendimiento en aspectos no del todo consolidados, o incluso conflictivos.
- La participación conjunta de empresas explotadoras, de ingeniería y servicios, y organismos académicos y de investigación en proyectos comunes favorece el intercambio de información y resulta extraordinariamente enriquecedor para todos los participantes. Además, redundan en un alcance más completo de los resultados de los proyectos.
- La participación en proyectos de investigación mantiene la capacitación y experiencia del personal del sector nuclear español para la explotación rentable y segura de las instalaciones nucleares. El conocimiento permanece en nuestro país y se reduce la demanda de expertos extranjeros para la resolución de los problemas de las centrales españolas.
- Este esfuerzo inversor propicia además la "atractividad" del mundo nuclear en una Sociedad que lo visualiza como de mínimo interés, por el rechazo que genera a nivel de opinión pública.

3.2. ANÁLISIS POR PROGRAMAS ESPECÍFICOS

La participación sectorial en las diferentes áreas de proyectos se considera ajustada a su función. También resulta significativo destacar que la participación de las centrales se realiza en combinación con otros agentes nacionales o internacionales que aportan su especialización para encontrar la combinación óptima de recursos en cada proyecto.

De esta manera, en los proyectos de Combustible Nuclear destacan las preocupaciones por aspectos esenciales del comportamiento de los materiales en diferentes condiciones y los diseños avanzados para el futuro de explotación de las centrales, participando diferentes empresas eléctricas y centrales junto con fabricantes, ingenierías y organismos de investigación y el CSN.

En los proyectos de las áreas de Barrera de Primario, Contención y Accidentes Severos y APS y Factores Humanos, se observa que se centra el mayor número de proyectos y de asignación de recursos. En este caso, los aspectos de seguridad son fundamentales, en muchos casos los proyectos son internacionales y multi-institucionales y la transferencia de tecnología conseguida en estas áreas resulta muy significativa.

Los proyectos de las diferentes áreas de Protección Radiológica y de Mejora de la Disponibilidad y Prácticas Operativas de las plantas son, en general, de enfoque práctico y también recogen aspectos derivados de la gestión específica de las centrales con la participación de todos los agentes que potencialmente pudieran aportar a este tipo de investigaciones.

Los proyectos de Gestión de Vida han permitido elaborar desarrollos metodológicos que son la base de los programas específicos de las centrales y necesariamente mantendrán una continuidad a futuro con el concurso de los organismos especializados e implicados en esta temática.

El Sector también ha desarrollado un significativo liderazgo en el área de Centrales Avanzadas. Este esfuerzo le ha permitido, por un lado, estar presente en los ámbitos de discusión y decisión sobre los requisitos de las futuras centrales nucleares y disponer, al día de hoy, de unas especificaciones técnicas de compra para centrales de agua ligera, y, por otro, el acceso a unos diseños concretos de reactores avanzados. Asimismo, la participación en los proyectos internacionales de desarrollo de reactores ha posibilitado que la industria nuclear española no solo mantenga actualizados sus conocimientos sino que adquiera nuevas tecnologías, con el consiguiente beneficio en cuanto a mejora de su apoyo a las centrales actualmente en explotación, además de los retornos comerciales que dicha participación está generando.

Los proyectos del área de Fusión Nuclear liderados por el Sector han sido generalmente proyectos de vanguardia, muchas veces de aspectos básicos de investigación, y han permitido a los Centros de Investigación nacionales estar presente en las últimas investigaciones sobre aspectos de futuro considerados estratégicos. Actualmente este programa lanzado sigue en vigor soportado por fondos ajenos al Sector.

3.3. PROGRAMA COORDINADO DE INVESTIGACIÓN (PCI) ENTRE EL CSN Y UNESA

Los objetivos del Programa Coordinado de Investigación (PCI) entre el Sector Eléctrico y el CSN, en marcha desde Septiembre de 1997, mantienen actualmente su vigencia. Los proyectos del PCI han representado una inversión de unos 4,8 MEuros para el Sector (del orden del 11% de la inversión total en este periodo). Han permitido profundizar en áreas del conocimiento de interés común entre el Sector y el CSN, manteniendo abiertas líneas de comunicación y desarrollo conjunto entre las citadas instituciones, en un ámbito distinto del estrictamente de licencia.

Con la experiencia acumulada, a principios del año 2002 se detectó una falta de definición clara de una estrategia y de herramientas de identificación y gestión de proyectos. Para ello se creó un Grupo Mixto CSN-UNESA específico para el seguimiento del PCI, dependiente del Comité Estratégico Paritario del PCI, que sustituye al esquema anterior donde la gestión estaba dividida entre los Grupos Mixtos CSN-UNESA temáticos con el apoyo de la figura del Gestor del PCI. También se nombró dentro del CSN unos Responsables de Programa, que actúen como interlocutores directos de los Responsables del Sector.

Adicionalmente se adoptó la siguiente clasificación de proyectos (Figura 1) a efectos de maximizar el trasvase de información de interés común y simplificar y agilizar el proceso:

- Los proyectos **tipo A** (Sector ó CSN) son aquellos de interés exclusivo para una de las partes y, por tanto, se gestionan de una forma totalmente independiente, siendo la única información accesible por la otra parte la del catálogo o la pública.
- Los proyectos **tipo B** son los que pueden ser de interés para ambas partes en la actualidad o en el futuro, pero que por cuestiones de oportunidad, plazos, otros participantes o cualquier otro aspecto es mucho más ágil y recomendable que sean financiados y gestionados por una sola de las partes con el acuerdo (que en algunos casos requerirá acuerdos específicos de confidencialidad) de informar ampliamente a la otra parte del alcance y objetivos al inicio del proyecto y de los resultados/productos finales a la finalización del mismo. Como ejemplo, se clasificarían en este tipo todos los programas del WOG y BWROG sobre los que dichas organizaciones informan o remiten documentación a la NRC.
- Los proyectos **tipo C** (Común) representan el alcance actual del PCI sin los proyectos tipo B.

Esta clasificación, al tiempo que amplía el campo del PCI (sin incrementar su financiación) y, por tanto, el conocimiento y acceso sistematizado a más programas de I+D, permite al mismo tiempo una gestión más ágil y focalizada y por ende más eficaz.

Esta aproximación también puede plantearse para posibles iniciativas comunes con otras entidades ajenas al Sector con intereses comunes que sean promotoras de proyectos, como ENRESA, ENUSA, CIEMAT, etc.

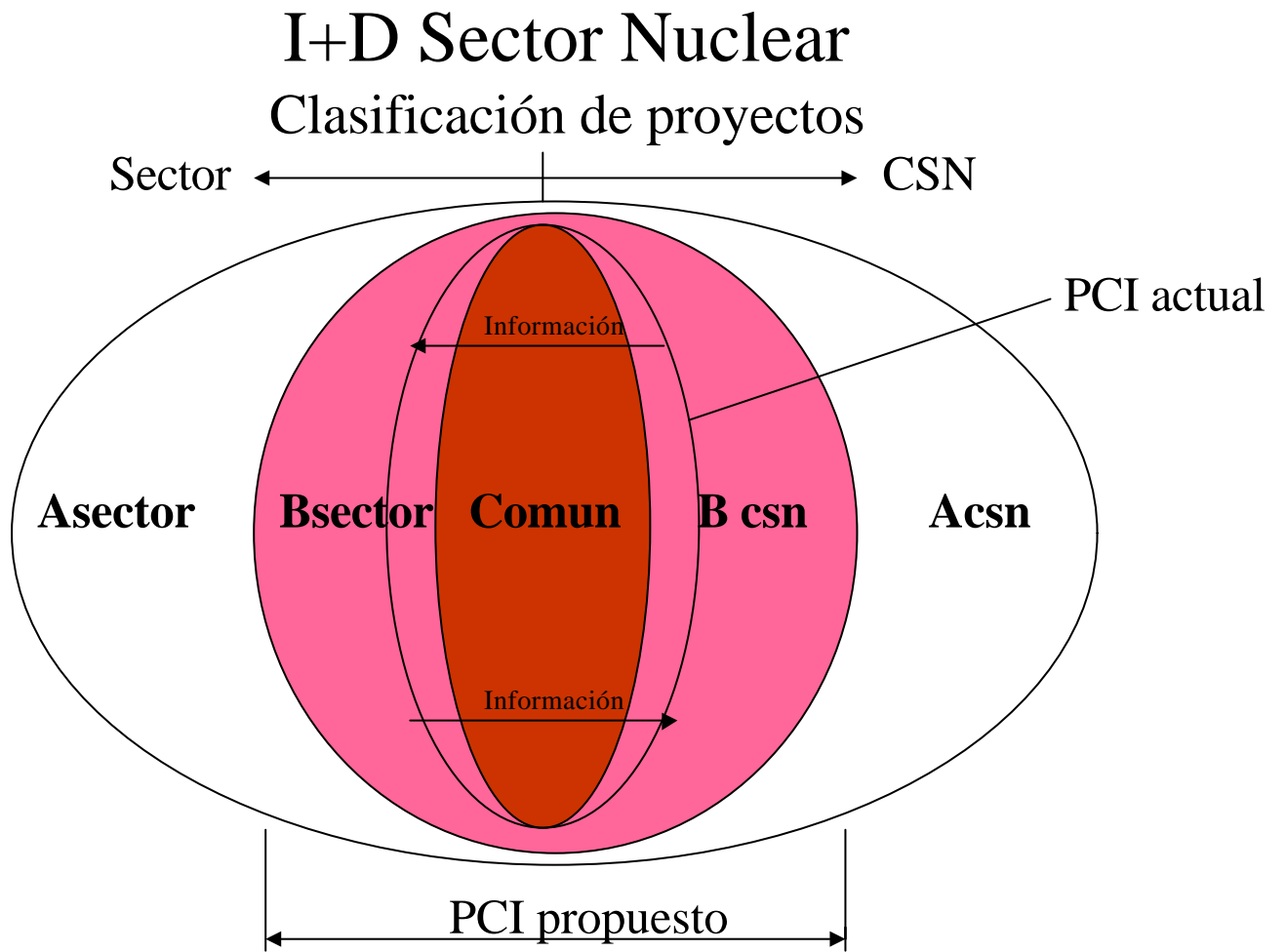


Figura 1.- Clasificación de proyectos del PCI.

4. PROPUESTA DE ESTRATEGIAS DE LA I+D+I NUCLEAR DEL SECTOR ELECTRICO

Con objeto de estructurar adecuadamente la propuesta de la estrategia futura de la I+D+I nuclear del Sector Eléctrico se ha dividido este apartado de acuerdo con las fases típicas de un Proyecto: generación, gestión y explotación de resultados.

Es importante destacar que el alcance de estas propuestas es, en principio, las actividades de I+D+I promovidas por las centrales nucleares de forma individual o conjunta a través de UNESA, WOG o BWROG. No están directamente incluidas las actividades de I+D+I de Tecnatom ni DTN, así como las de las Empresas Eléctricas que puedan tener implicaciones en la generación nuclear, si bien estas instituciones deberán comprometerse a mantener periódicamente informada a la Comisión de Tecnología y Seguridad de UNESA sobre sus realizaciones y planes de I+D+I.

4.1. GENERACIÓN DE PROYECTOS

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

El esquema de coordinación que se adopte debe cubrir las siguientes premisas:

- Asegurar que se cubren las áreas de interés de la tecnología indicadas en los Programas del catálogo y el presente documento, teniendo en cuenta los programas nacionales e internacionales para optimizar el uso de recursos evitando duplicidades.
- Identificar en los planteamientos de los proyectos, de forma clara e inequívoca, los productos finales a conseguir como resultado del proyecto, procurando que sean de aplicación directa a la operación de las centrales, o identificar la manera de llegar a esta aplicación a través de agentes tecnológicos, etc., y el origen de los fondos adicionales a los del proyecto necesarios. Para ello, en las Memorias de los proyectos deberá especificarse de forma clara la aplicabilidad de los resultados esperados, su propiedad y su esquema de explotación/comercialización.
- Promover la participación equilibrada, y conjunta cuando sea aplicable, de todo el tejido industrial, en especial de las empresas explotadoras, de servicios, entes públicos, organismos académicos e ingenierías.
- Promover la realización de proyectos conjuntos con el CSN u otras entidades en temas de interés común (PCI u otros).

- Ayudar a mantener y mejorar el conocimiento, capacitación técnica y experiencia del personal del Sector, dinamizarlo y preparar a nuevas promociones de profesionales.
- Priorizar adecuadamente los programas de desarrollo, innovación o investigación aplicada cuyo objetivo sea disponer a corto/medio plazo de productos/procedimientos que puedan mejorar la seguridad ó disponibilidad de las centrales con un coste/beneficio alto.
- Promover la participación inteligente en proyectos u organizaciones internacionales, entendiendo por inteligente aquella que permita cubrir en mayor grado los criterios indicados anteriormente y favorezca la aportación de proyectos nacionales propios.

Las líneas actuales de interés identificadas para el Sector Nuclear son las siguientes:

COMBUSTIBLE NUCLEAR

- Programa COMBUSTIBLE: Comportamiento de combustible de alto quemado.

GESTIÓN DE VIDA Y MATERIALES

- Programa BARRERA DE 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 GESTIÓN DE VIDA:
 - Estudios de fenómenos de envejecimiento.
 - Metodología base para soportar la operación a largo plazo.
- Programa de MEJORA DE LA DISPONIBILIDAD: Metodología de análisis de defensa en profundidad y diversidad.

SEGURIDAD

- Programa CONTENCIÓN Y ACCIDENTES SEVEROS: Participación y seguimiento de modelos para mejora de códigos aplicables en análisis de seguridad.
- Programa APS Y FACTORES HUMANOS:
 - Aplicación APS a optimización de la operación, inspección y mantenimiento.
 - Factores humanos e impacto de la organización en la seguridad.
- Programa ESTUDIOS HISTÓRICO-SOCIOLÓGICOS: Estudios para corregir la deformación y desinformación en la opinión social sobre la energía nuclear.

PROTECCIÓN RADIOLÓGICA Y RESIDUOS RADIATIVOS

- Programa PROTECCIÓN RADIOLÓGICA DE LAS PERSONAS:
 - Nuevas técnicas y modelos dosimétricos.
 - Mejora en la aplicación del principio de optimización.
- Programa EVALUACIÓN DEL IMPACTO RADIOLÓGICO: Avance en los métodos de cálculo realistas de dosis a la población.
- Programa OPTIMIZACIÓN IMPACTO RADIOLÓGICO: Técnicas de reducción de volumen y caracterización de residuos.
- Programa COMBUSTIBLE GASTADO Y RESIDUOS DE ALTA ACTIVIDAD: Estudio de alternativas para almacenamiento temporal y definitivo.

CENTRALES AVANZADAS

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

4.2. GESTIÓN DE PROYECTOS

En el transcurso del proyecto, cada uno tendrá su vida propia de acuerdo con sus características (Comités de Dirección, Directores de Proyecto, Representantes internacionales, etc.). No obstante sería necesario que el Responsable de cada Programa tuviera información actualizada de cada Proyecto para mantener una visión de conjunto adecuada, informando a la Comisión de Tecnología y Seguridad de posibles modificaciones de alcance, participaciones, etc. que vayan surgiendo.

Es importante destacar que no se trata de que los Responsables de Programas participen directamente en la gestión de los proyectos, sino que articulen los mecanismos adecuados para mantenerse al día sobre su evolución.

En el caso de proyectos compartidos por varias centrales, los presupuestos de los mismos podrían gestionarse a través de la Comisión de Tecnología y Seguridad de forma análoga a la actual financiación del PCI. Eventualmente, esta fórmula daría lugar a que los esfuerzos I+D+I de las centrales que afecten a más de una, se centralizarían a través de las estructuras del Comité de Energía Nuclear (CEN) de UNESA con un esquema parecido al actual del EPRI, pero contando con los recursos humanos de las centrales para la gestión y seguimiento de los proyectos.

4.3. EXPLOTACIÓN DE RESULTADOS

Una vez finalizado el proyecto debería mejorarse la gestión de los productos finales obtenidos, que deberán responder a las orientaciones dadas en el apartado 4.1, partiendo de un esquema claro de propiedad de resultados y explotación/comercialización del producto.

También se diseñará un sistema para la adecuada gestión documental de los resultados de los proyectos, facilitando cuando proceda la accesibilidad a los informes finales y técnicos del proyecto, o bien identificando los depositarios de la tecnología desarrollada y su capacidad de aplicación.

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

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

5. RECOMENDACIONES Y PROPUESTA DE ACCIONES

Con objeto de desarrollar las estrategias expuestas, se plantean las siguientes acciones concretas:

- (1) Promover proyectos en las líneas identificadas como de interés para el Sector Nuclear.
- (2) Evaluar la participación actual del Sector en programas internacionales (EPRI, WOG, BWROG, UE, etc.), y proponer las acciones de participación que se consideren adecuadas, en función de las conclusiones del punto 3.
- (3) Realizar una gestión ante otras entidades promotoras de I+D+I y relacionadas con la energía nuclear (ENRESA, ENUSA, CIEMAT, etc.) para adoptar un esquema de relación en I+D+I parecido al propuesto para el PCI.
- (4) Realizar una gestión ante la Administración para presentar y valorar adecuadamente el esfuerzo en I+D+I que realiza el Sector, con objeto de obtener un apoyo económico proporcional al peso de la energía nuclear en la producción nacional de electricidad.
- (5) Generar y mantener una herramienta informática de gestión documental de los resultados de los proyectos.
- (6) Mantener actualizado el catalogo y reeditarlo periódicamente.
- (7) Revisar las estrategias planteadas de acuerdo con la experiencia obtenida.

ANEXO

Catálogo de Proyectos I+D+I

a Diciembre 2002

PRESUPUESTOS Y PARTICIPACIÓN SECTORIAL DE LOS PROGRAMAS Y ÁREAS DE PROYECTOS DE I+D
(Importes en Euros)

	PROGRAMAS	Clave Áreas	ÁREAS	Participación sectorial en Ppto. Total			Presupuesto Total		
				1998-2002	> 2003	Total	1998-2002	> 2003	Total
1	COMBUSTIBLE NUCLEAR	A1.1	Respuesta combustible alto quemado	4.089.598	1.908.000	5.997.598	61.740.405	55.000.000	116.740.405
		A1.2	Comportamiento combustible operación normal y accidentes	143.374		143.374	1.067.244	131.250	1.198.494
		A1.3	Optimización de materiales de vaina y estructura	447.439	85.500	532.939	1.085.486	108.000	1.193.486
		A1.4	Mejora de técnicas de inspección	1.119.685	0	1.119.685	1.481.495	0	1.481.495
		A1.5	Códigos termohidráulicos y neutrónicos	147.648	136.029	283.677	1.957.993	1.331.292	3.289.285
		Total Programa 1		5.947.745	2.129.529	8.077.273	67.332.623	56.570.542	123.903.165
2	BARRERA DE PRESIÓN DEL CIRCUITO PRIMARIO	A2.1	Desarrollo y validación códigos termohidráulicos y neutrónicos.	1.194.747	90.000	1.284.747	40.998.490	144.000	41.142.490
		A2.2	Mejora capacidad simulación	239.437	0	239.437	239.437	0	239.437
		A2.3	Irradiación neutronica en aceros de vasija y Curvas P-T	1.068.724	727.989	1.796.713	2.724.066	1.905.846	4.629.912
		A2.4	Materiales de vasija, internos y tuberías	3.480.691	485.696	3.966.387	34.124.742	4.828.210	38.952.952
		A2.5	Mejora de técnicas de inspección y reparación	10.530.744	3.116.016	13.646.761	21.823.613	5.684.420	27.508.033
		A2.6	Revisión de bases de licencia	85.100		85.100	4.907.407		4.907.407
		Total Programa 2		16.599.443	4.419.701	21.019.145	104.817.756	12.562.476	117.380.231
3	CONTENCIÓN Y ACCIDENTES SEVEROS	A3.1	Comportamiento sistemas y gestión accidentes severos	539.822	35.283	575.105	7.603.431	530.189	8.133.620
		A3.2	Comportamiento productos fisión escapados accidente	137.285	9.715	146.999	262.706	19.429	282.136
			Total Programa 3		677.107	44.998	722.104	7.866.137	549.618
4	APS Y FACTORES HUMANOS	A4.1	Aplicaciones APS	456.328	76.672	533.000	9.388.218	685.143	10.073.361
		A4.2	Mejora interfases hombre-maquina	2.260.439	0	2.260.439	4.004.457	0	4.004.457
		A4.3	Cultura de seguridad y factores humanos/organizacionales	447.650	0	447.650	895.300	0	895.300
		A4.4	Mejora técnicas de formación	1.608.702	792.672	2.401.374	1.608.702	792.672	2.401.374
		A4.5	Mejora respuesta en emergencia	1.011.327	0	1.011.327	5.356.682	0	5.356.682
		Total Programa 4		5.784.446	869.344	6.653.790	21.253.360	1.477.814	22.731.174
5	PROTECCIÓN RADIOLOGICA DE LAS PERSONAS	A5.1	Modelos estimación dosis	184.060	79.634	263.694	344.080	159.268	503.348
		A5.2	Dosimetría	249.108	33.435	282.542	617.826	66.870	684.695
		A5.3	Desarrollode técnicas de reducción de dosis (ALARA)	501.930	35.110	537.040	501.930	35.110	537.040
		A5.4	Estudios epidemiológicos.	0	0	0	0	0	0
		Total Programa 5		935.098	148.178	1.083.276	1.463.836	261.247	1.725.083
6	EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL	A6.1	Eval. términos fuente y dosis ambientales en O.N. y emergencias	72.122	24.041	96.162	144.243	48.081	192.324
		A6.2	Radiación natural	10.217	0	10.217	31.853	0	31.853
			Total Programa 6		82.339	24.041	106.379	176.096	48.081
7	OPTIMIZACIÓN DEL IMPACTO RADIOLÓGICO	A7.1	Técnicas de gestión de materiales y residuos	36.061		36.061	108.182		108.182
		A7.2	Caracterización materiales susceptibles de desclasificación	44.114	0	44.114	132.343	0	132.343
			Total Programa 7		80.175	0	80.175	240.525	0
8	COMBUSTIBLE GASTADO Y RESIDUOS DE ALTA ACTIVIDAD	A8.1	Almacenamiento temporal de combustible irradiado	31.854	0	31.854	1.094.744	0	1.094.744
			Total Programa 8		31.854	0	31.854	1.094.744	0

PRESUPUESTOS Y PARTICIPACIÓN SECTORIAL DE LOS PROGRAMAS Y ÁREAS DE PROYECTOS DE I+D
(Importes en Euros)

	PROGRAMAS	Clave Áreas	ÁREAS	Participación sectorial en Ppto. Total			Presupuesto Total		
				1998-2002	> 2003	Total	1998-2002	> 2003	Total
9	CENTRALES AVANZADAS	A9.1	Especificaciones técnicas para futuras centrales nucleares	2.871.151	663.463	3.534.614	4.994.706	789.442	5.784.148
		A9.2	Proyectos de desarrollo de reactores	2.346.688	663.463	3.010.151	4.425.133	789.442	5.214.575
		Total Programa 9			5.217.839	1.326.925	6.544.764	9.419.838	1.578.884
10	ESTUDIOS HISTÓRICO-SOCIOLÓGICOS	Total Programa 10			0	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	1.687.856	5.572.440	1.473.886	7.046.326
		A11.3	Vigilancia, inspección y reparación de componentes críticos de la central	370.573	124.364	494.937	392.301	146.093	538.394
		Total Programa 11			1.871.396	438.016	2.309.412	6.184.081	1.619.979
12	MEJORA DISPONIBILIDAD DE PLANTA Y PRÁCTICAS OPERATIVAS	A12.1	Desarrollo de técnicas para optimización del mantenimiento	3.184.206	1.185.464	4.369.670	11.350.523	4.579.981	15.930.504
		A12.2	Mejora de sistemas de ayuda a la explotación	339.068	4.522	343.590	1.348.263	260.772	1.609.034
		A12.3	Aplicación tecnología digital a sistemas de instrumentación y control	705.677	112.768	818.445	598.837	145.015	743.852
		A12.4	Robótica	3.047.492	0	3.047.492	5.477.204	0	5.477.204
		Total Programa 12			7.276.443	1.302.754	8.579.197	18.774.826	4.985.768
13	REACTORES DE FUSIÓN NUCLEAR	A13..1	Confinamiento magnético	0	0	0	0	0	0
		A13..2	Confinamiento inercial	0	0	0	0	0	0
		Total Programa 13			0	0	0	0	0
TOTAL				44.503.884	10.703.485	55.207.369	238.623.821	79.654.409	318.278.230

RELACIÓN DE PROYECTOS DEL PROGRAMA DE COMBUSTIBLE NUCLEAR

PROYECTO	PARTICIPANTE SECTORIAL	TÉCNICO CONTACTO PROYECTO	Año inicio	Año fin	PARTIC. SECTORIAL (e)	PRES.TOT. PROYECTO (e)	OTROS PARTICIPANTES NO SECTORIALES	ÁREA	DESCRIPCIÓN PROYECTO
PROGRAMA DE DEMOSTRACIÓN DE ALTO QUEMADO (4 LTA)	ENDESA /ASCÓ-VANDELLÓS II			<99	1.202.024	5.709.615	KANSAI, MHI, ENUSA	A1.1	Programa de irradiación de cuatro elementos combustibles del tipo 17x17 MAEFF con ZIRLO hasta quemados en el entorno de 75000 MWd/tU bajo condiciones representativas de lo que podría esperarse de una irradiación comercial futura del combustible
EPRI-COMBUSTIBLE ROBUSTO	UNESA		<99	2002	2.880.000	55.594.000	EPRI,ENUSA,IBERINCO,SOL UZIONA	A1.1	Programa para investigar la fiabilidad del combustible, tanto desde el punto de vista operacional como desde la perspectiva regulatoria, buscando definir con precisión los márgenes operativos que proporcionan los actuales diseños en las condiciones exigentes de irradiación a las que hoy se tiende (alto quemado).
EPRI-COMBUSTIBLE ROBUSTO - Fase II	UNESA		2003	2006	1.908.000	55.000.000	EPRI,ENUSA,IBERINCO,SOL UZIONA	A1.1	Fase II del Proyecto anterior.
COMBUSTIBLE DE ALTO QUEMADO	ASCÓ-VANDELLÓS II / ALMARAZ				7.574	436.790		A1.1	
PROYECTO VERIFICACIÓN EXPERIMENTAL SOBRE EL EFECTO DEL PH Y NIQUEL EN LAS ANOMALÍAS DEL AXIAL-OFFSET	IBERDROLA / ASCÓ-VANDELLÓS II / ALMARAZ / TRILLO			<99		538.205	ENUSA	A1.2	Programa para comprobar experimentalmente los efectos del Niquel y del pH en la llamada "anomalía del axial offset" para poder realizar procedimientos de operación basados en los fenómenos más relevantes obtenidos en los ensayos realizados
EPRI-KKL	IBERDROLA				36.061	36.061	C.N. LEIBSTADT	A1.2	Causas de fallos de combustible nuclear en reactores BWR. Investigación de las causas de fallos de combustible en un elemento combustible de la CN. del Leibstadt (Suiza) mediante la investigación del material de la vaina y de la pastilla al objeto de discernir la causa-raíz del fallo y poder tomar las medidas preventivas adecuadas (precondicionado en la operación o inspección/vigilancia en la fabricación de pastillas).
NFIR	IBERDROLA / NUCLENOR				67.313	135.228	EPRI, OHT, PSI, CEA, HALDEN, AEAT, INER, PNL, UCB	A1.2	Estudio del comportamiento del combustible nuclear y de otros componentes en el reactor.
MEJORA EN LAS LIMITACIONES DE RITMO DE SUBIDA DE POTENCIA	ASCÓ-VANDELLÓS II / ALMARAZ						WOG	A1.2	El objetivo de estas limitaciones en el ritmo de la subida es evitar los problemas potenciales asociadas a las tensiones generadas por la interacción pastilla-vaina (PCI) como fugas de las barras de combustible
WICH	IBERDROLA		2001	2004		205.000	Westinghouse Atom	A.1.2	Caracterizar el fenómeno de hidruración en la vaina de zircaloy del combustible de Westinghouse Atom utilizando el método experimental desarrollado por IBERDROLA
SFPD	IBERDROLA		2000	2002	40.000	169.000	Empresas electricas europeas	A.1.2	Profundizar en el conocimiento de los mecanismos de degradación que presentan las vainas del combustible nuclear tras producirse el fallo primario
PROYECTO VERIFICACIÓN EXPERIMENTAL SOBRE EL EFECTO DEL PH Y NIQUEL EN LAS ANOMALÍAS DEL AXIAL-OFFSET	IBERDROLA / ASCÓ-VANDELLÓS II / ALMARAZ / TRILLO		2000	2003		115.000	ENUSA	A1.2	Programa para comprobar experimentalmente los efectos del Niquel y del pH en la llamada "anomalía del axial offset" para poder realizar procedimientos de operación basados en los fenómenos más relevantes obtenidos en los ensayos realizados
ESTUDIO DE VAINAS COMBUSTIBLES CON MATERIAL ZIRLO	IBERDROLA / TECNATOM / DTN / ALMARAZ / TRILLO / ASCÓ-VANDELLOS II	Juan Serra		<99	205.857	665.320	ENUSA	A1.3	Estudio del comportamiento del Zirlo a altos quemados y su corrosión frente a otros materiales (Zircaloy 4) de elementos combustibles
EFICAZIA	IBERDROLA / NUCLENOR		1998	2001	35.880	71.761	ENUSA, AIN, CIEMAT, ETSI TELECOMUNICACIONES	A1.3	Estudio de los efectos de las impurezas superficiales en la corrosión de vainas de Zircaloy

Areas:

A1.1: Respuesta comb. alto quemado.

A1.2: Comportamiento comb. O.N. y accidentes.

A1.3: Optimiz. materiales vaina y estructura.

A1.4: Mejora tecnicas inspección.

A1.5: Códigos termohidraulicos y neutronicos.

RELACIÓN DE PROYECTOS DEL PROGRAMA DE COMBUSTIBLE NUCLEAR

PROYECTO	PROG. ASOC.	1998		1999		2000		2001		2002		2003		2004		2005	
		Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)
PROGRAMA DE DEMOSTRACIÓN DE ALTO QUEMADO (4 LTA)																	
EPRI-COMBUSTIBLE ROBUSTO																	
EPRI-COMBUSTIBLE ROBUSTO - Fase II																	
COMBUSTIBLE DE ALTO QUEMADO	WOG																
PROYECTO VERIFICACIÓN EXPERIMENTAL SOBRE EL EFECTO DEL PH Y NIQUEL EN LAS ANOMALÍAS DEL AXIAL-OFFSET																	
EPRI-KKL																	
NFIR																	
MEJORA EN LAS LIMITACIONES DE RITMO DE SUBIDA DE POTENCIA																	
WICH																	
SFPD																	
PROYECTO VERIFICACIÓN EXPERIMENTAL SOBRE EL EFECTO DEL PH Y NIQUEL EN LAS ANOMALÍAS DEL AXIAL-OFFSET																	
ESTUDIO DE VAINAS COMBUSTIBLES CON MATERIAL ZIRLO	PIE																
EFICAZIA																	

Areas:

- A1.1: Respuesta comb. alto quemado.
- A1.2: Comportamiento comb. O.N. y accidentes.
- A1.3: Optimiz. materiales vaina y estructura.
- A1.4: Mejora tecnicas inspección.
- A1.5: Códigos termohidraulicos y neutronicos.

RELACIÓN DE PROYECTOS DEL PROGRAMA DE COMBUSTIBLE NUCLEAR

PROYECTO	PARTICIPANTE SECTORIAL	TÉCNICO CONTACTO PROYECTO	Año inicio	Año fin	PARTIC. SECTORIAL (e)	PRES.TOT. PROYECTO (e)	OTROS PARTICIPANTES NO SECTORIALES	ÁREA	DESCRIPCIÓN PROYECTO
HZIRCA	IBERDROLA / NUCLENOR		1999	2001	120.202	240.405	CSIC	A1.3	Estudio de la difusión de hidrógeno en vainas de zircaloys. Desarrollo de un protocolo de caracterización y homologación de recubrimientos interiores de tubos.
PROYECTO DE CARACTERIZACIÓN DEL ELEMENTO COMBUSTIBLE 17X17 MAEF ZIRLO	ASCÓ-VANDELLÓS II / ALMARAZ / TRILLO		2001	2004			ENUSA	A1.3	El objetivo de este programa es realizar una serie de inspecciones para constatar las ventajas de las modificaciones de diseño introducidas en los elementos combustibles MAEF ZIRLO que operan en las centrales PWR-W3 lazos y cuantificar los márgenes reales de operación de que dispone este tipo de combustible
HZIRCAII	IBERDROLA		2001	2004	171.000	216.000	CSIC	A1.3	Estudio de la difusión de hidrógeno en vainas de zircaloys. Desarrollo de un protocolo de caracterización y homologación de recubrimientos interiores de tubos.
SICOM	IBERDROLA / TECNATOM	Juan Serra		<99	815.573	1.075.211	ENUSA	A1.4	Desarrollo de un sistema de inspección en servicio de los elementos combustibles de las centrales nucleares tipo PWR.
SISTEMA DE INSPECCIÓN DE COMBUSTIBLE	TECNATOM		2001	2002	304.112	406.284	ENUSA	A1.4	Desarrollo de sistemas de inspección para medir la corrosión de las vainas y rejillas, y realizar el control dimensional de los elementos combustibles de centrales nucleares
VIGBUR	IBERDROLA / TECNATOM / DTN			<99	6.611	21.035	CIEMAT	A1.5	Utilización de técnicas de análisis de ruido para determinar el caudal de agua por los canales del núcleo y desarrollo de un monitor de estabilidad neutronica para BWR
MARCOTEMO	TECNATOM / DTN / UF / C.N. JOSÉ CABRERA		2001	2003	15.025	33.176	Univ. POLITÉCNICA VALENCIA	A1.5	Desarrollo de un sistema informático, basado en herramientas del análisis de señales mediante métodos autorregresivos, que permita calcular el Coeficiente de Temperatura del Moderador a partir de señales neutrónicas y de temperatura sin ninguna maniobra intrusiva en la operación del reactor y la implementación de un prototipo para una aplicación piloto
NACUSP	IBERDROLA		2000	2004		2.973.033	Univ. POLITÉCNICA VALENCIA	A.1.5	Mejora y validación de herramientas de cálculo y proporcionar guías para asegurar condiciones estables de operación del núcleo de reactores BWR en operación y avanzados.
DROP	IBERDROLA		2001	2004	262.041	262.041	Univ. POLITÉCNICA VALENCIA	A.1.5	Desarrollar una herramienta de predicción del margen de estabilidad en reactores nucleares de agua en ebullición (BWR) acoplada al sistema de vigilancia del núcleo de CN Cofrentes desarrollado por IBERDROLA.
			Totales		8.077.273	123.903.165			

Areas:

- A1.1: Respuesta comb. alto quemado.
- A1.2: Comportamiento comb. O.N. y accidentes.
- A1.3: Optimiz. materiales vaina y estructura.
- A1.4: Mejora técnicas inspección.
- A1.5: Códigos termohidraulicos y neutronicos.

RELACIÓN DE PROYECTOS DEL PROGRAMA DE COMBUSTIBLE NUCLEAR

PROYECTO	PROG. ASOC.	1998		1999		2000		2001		2002		2003		2004		2005	
		Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)
HZIRCA																	
PROYECTO DE CARACTERIZACIÓN DEL ELEMENTO COMBUSTIBLE 17X17 MAEF ZIRLO																	
HZIRCAII																	
SICOM	PIE																
SISTEMA DE INSPECCIÓN DE COMBUSTIBLE																	
VIGBUR																	
MARCOTEMO																	
NACUSP																	
DROP																	

Areas:

- A1.1: Respuesta comb. alto quemado.
- A1.2: Comportamiento comb. O.N. y accidentes.
- A1.3: Optimiz. materiales vaina y estructura.
- A1.4: Mejora tecnicas inspección.
- A1.5: Códigos termohidraulicos y neutronicos.

RELACIÓN DE PROYECTOS DEL PROGRAMA DE BARRERA DE PRESIÓN DEL CIRCUITO PRIMARIO

PROYECTO	PARTICIPANTE SECTORIAL	TÉCNICO CONTACTO PROYECTO	Año inicio	Año fin	PARTIC. SECTORIAL (e)	PRES.TOT. PROYECTO (e)	OTROS PARTICIPANTES NO SECTORIALES	ÁREA	DESCRIPCIÓN PROYECTO
CAMP	UNESA	J. Blanco	<99	2000	984.020	40.000.000	CSN, Universidades, Centros, Empresas, US-NRC	A2.1	Objetivo global: Obtener unas herramientas analíticas de simulación, depuradas y validadas, para su aplicación a CC.NN. españolas. Ojetivos parciales: Identificar y resolver errores e inconsistencias de los códigos, en un esfuerzo cooperativo que permita mantener una versión única aceptada internacionalmente. Estudiar y obtener criterios sobre los problemas de escalabilidad, aplicabilidad y acotación de incertidumbres. Establecer un banco de datos bien documentado. Realizar estudios de seguridad de las centrales en operación. Producir las correspondientes guías de utilización de los códigos.
CÓDIGO TERMOHIDRAULICO CONSOLIDADO	UNESA	J. Blanco	1998	2002	155.434	310.869	CSN, UPM	A2.1	Asegurar y mantener la capacidad actual para el análisis de accidentes en su vertiente termohidráulica y neutrónica de todas las centrales nucleares españolas, accediendo a los códigos que en el futuro sustituirán a los actualmente en uso. Asimilar la tecnología asociada al desarrollo, documentación y validación del código consolidado, mediante la participación en el proceso de obtención del mismo, además, el proyecto pretende definir y acotar los requisitos reguladores que deben cumplir los cálculos termohidráulicos realistas (best estimate), y en particular los realizados con el código consolidado.
ATRAPAS	IBERDROLA	J. Serra	1998	2000	55.293	427.320	IBERINCO, UPV	A2.1	El objetivo del proyecto es el desarrollo de una nueva versión paralelizable del código TRAC aplicado a la seguridad en CC.NN (LOCA/ECCS), así como su validación posterior por el CSN.
CRISSE-S	ASCÓ-VANDELLÓS II					260.301	Univ. PISA, STUDSVIK ECO&SAFETY AB, SKI, UPM, UPV, NURI	A2.1	Programa internacional sobre acoplamiento de códigos neutrónicos 3D con códigos termohidráulicos 3D con aplicaciones prácticas en transitorios de interés.
MEJORAS EN LOS MODELOS TERMOHIDRÁULICOS DEL CÓDIGO RELAP	ASCÓ-VANDELLÓS II		2001	2002			UPC, PABLO MORENO	A2.1	Programa a nivel nacional de modificaciones y mejoras en los modelos termohidráulicos de Ascó y Vandellós desarrollados para el Código RELAP; en los que se incluyen: desarrollo de sistemas de salvaguardias explícitos, en lugar de condiciones de entorno; modelos de control, etc. de forma que permitan una respuesta más realista frente a posibles transitorios de planta.
PROGRAMA TERMOHIDRÁULICO EXPERIMENTAL SETH-OECD	UNESA	A. López Lechas	2003	2004	90.000	144.000	CSN, UPC, UPM, UPV	A2.1	Programa termohidráulico experimental SETH para la investigación de materias relacionadas con la prevención y gestión de accidentes mediante la realización de experimentos relativos a diluciones de boro y accidentes en parada.
REDUCCIÓN DE PENALIZACIÓN DE PICOS DE YODO	ASCÓ-VANDELLÓS II / ALMARAZ						WOG	A2.2	El objetivo del programa es identificar vías analíticas que permitan minimizar la magnitud de la liberación de yodo en los accidentes base de diseño MSLB y SGTR y/o minimizar el impacto de las dosis al exterior calculadas para estos accidentes.
ELIMINACIÓN DE RECIRCULACIÓN A RAMAS CALIENTES, FASE 2	ASCÓ-VANDELLÓS II / ALMARAZ						WOG	A2.2	La Fase 1 de este proyecto finalizó con la publicación del WCAP-15750, en el que se define las bases para la eliminación de la recirculación a ramas calientes. En la fase 2 se pretende desarrollar técnicamente estas bases de forma que puedan eliminar conservadurismos relativos a la precipitación de boro en caso de LOCA cuando ya ha actuado la Inyección de Seguridad y posteriormente la recirculación a ramas frías.

Areas:
A2.1: Cód. TH. y neutrónicos
A2.2: Mejora cap. simulación
A2.3: Efecto irradiación neutrónica aceros
A2.4: Curvas Patron y P-T
A2.5: Mat. vasija, internos y tuberías
A2.6: Mejora téc. inspec./repar.
A2.7: Cambio bases licencia

RELACIÓN DE PROYECTOS DEL PROGRAMA DE BARRERA DE PRESIÓN DEL CIRCUITO PRIMARIO

PROYECTO	PROG. ASOC.	1998		1999		2000		2001		2002		2003		2004		2005	
		Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)
CAMP	PIE y PCI (AP-07)																
CÓDIGO TERMOHIDRAULICO CONSOLIDADO	PCI (AP-08)	10.362	10.362	38.859	38.859	38.859	38.859	11.326	59.583	56.029	7.778						
ATRAPAS	UE (Progr. ESPRIT /																
CRISSE-S																	
MEJORAS EN LOS MODELOS TERMOHIDRÁULICOS DEL CÓDIGO RELAP																	
PROGRAMA TERMOHIDRÁULICO EXPERIMENTAL SETH-OECD	PCI (AP-19)											45.000	27.000	45.000	27.000		
REDUCCIÓN DE PENALIZACIÓN DE PICOS DE YODO																	
ELIMINACIÓN DE RECIRCULACIÓN A RAMAS CALIENTES, FASE 2																	

Areas:
A2.1: Cód. TH. y neutrónicos
A2.2: Mejora cap. simulación
A2.3: Efecto irradiación neutrónica aceros
A2.4: Curvas Patron y P-T
A2.5: Mat. vasija, internos y tuberías
A2.6: Mejora téc. inspec./repar.
A2.7: Cambio bases licencia

RELACIÓN DE PROYECTOS DEL PROGRAMA DE BARRERA DE PRESIÓN DEL CIRCUITO PRIMARIO

PROYECTO	PARTICIPANTE SECTORIAL	TÉCNICO CONTACTO PROYECTO	Año inicio	Año fin	PARTIC. SECTORIAL (e)	PRES.TOT. PROYECTO (e)	OTROS PARTICIPANTES NO SECTORIALES	ÁREA	DESCRIPCIÓN PROYECTO
IMPACTO EN LA OPERACIÓN PRODUCIDO POR EL HOT LEG STREAMING	ASCÓ-VADELLÓS II / ALMARAZ						WOG	A2.2	Se trata de desarrollar medidas para reducir el impacto en la operación.
SIMULADOR DEL NUCLEO	JOSÉ CABRERA / UF	J. Blanco	1999	2001	180.000	180.000	SOLUZIONA	A2.2	Desarrollo de modelos y herramientas de cálculo para seguimiento de operación del reactor.
ESTUDIOS DE ESTRATIFICACIÓN TERMICA EN PRIMARIO	JOSÉ CABRERA / UF	J. Blanco	2002	2002	59.437	59.437	SOLUZIONA	A2.2	Elaboración y validación de modelos termohidraulicos y fluidodinamicos 3D para analizar la estratificación en rama caliente y su efecto en la medida de temperatura media.
INTEGRIDAD ESTRUCTURAL VASIJA	UNESA		<99	1999	102.587	150.253	CSN, CIEMAT	A2.3	Del proyecto internacional: Facilitar el intercambio de información y suministrar una guía práctica por la que se puedan dar recomendaciones sobre el seguimiento del comportamiento del material de la vasija, desarrollar un procedimiento de ensayo de probetas de pequeño tamaño (tipo charpy) aplicable a los programas de vigilancia, con el fin de obtener datos de tenacidad de fractura. Del proyecto nacional: Establecer correlaciones entre los datos de tenacidad de fractura obtenidos a través de ensayos charpy instrumentados y los obtenidos en los ensayos de flexión en tres puntos, extrapolación de las correlaciones generadas a las vasijas de las plantas españolas, ofrecer recomendaciones para los futuros programas de vigilancia, adecuados a los planes de extensión de vida.
FLUENCIA EN VASIJAS (VENUS)	UNESA		<99	1999	31.087	272.010	CSN, UPM-DENIM, CIEMAT, TECNATOM	A2.3	Participar en los "benchmarks" VENUS 1 y VENUS 3 de la OCDE. Simular el daño microscópico bajo irradiación e identificar experimentos para validar estos modelos de simulación.
FLUENCIA EN VASIJAS II (VENUS II)	UNESA		2000	2002	91.965	290.144	CSN, UPM-DENIM, CIEMAT	A2.3	Acercamiento experimental a la evaluación del daño por irradiación. Simulación computacional multiescala del daño por irradiación en aleaciones metálicas propias de aceros de vasijas: aproximación a mecanismos físicos y curvas tensión - de formación. Mantener y ampliar el adecuado nivel participativo de las instituciones españolas en los Foros Internacionales.
DAÑO POR IRRADIACIÓN NEUTRÓNICA MEDIANTE SIMULACIÓN COMPUTACIONAL MULTIESCALA Y EXPERIMENTACIÓN (Proyecto REVE)	UNESA		2003	2005	171.738	541.047	CSN, CIEMAT, UPM-DENIM	A2.3	Desarrollar herramientas numéricas de simulación multiescala debidamente validadas experimentalmente para la comprensión y cuantificación del daño por irradiación de los aceros de vasija.
INTEGRIDAD ESTRUCTURAL VASIJA 2ª (CRPV)	UNESA		2001	2003	120.202	480.810	CSN, CIEMAT	A2.3	Del proyecto internacional: Facilitar el intercambio de información y suministrar una guía práctica por la que se puedan dar recomendaciones sobre el seguimiento del comportamiento del material de la vasija, desarrollar un procedimiento de ensayo de probetas de pequeño tamaño (tipo charpy) aplicable a los programas de vigilancia, con el fin de obtener datos de tenacidad de fractura.
COBRA	TECNATOM	Antonio Ballesteros	2001	2003	150.000	625.000	C.N. KOLA, AEKI, ARMATOM, JRC, KURCHATOV INST.	A2.3	Valoración del impacto de la temperatura de las probetas durante la irradiación en la predicción de la fragilización de las áreas de la vasija.
REDOS	TECNATOM	Antonio Ballesteros	2001	2004	185.000	917.000	FZR, JRC, NRI REZ, FRAMATOME, SKODA, AEKI, INRNE-BAS	A2.3	Comparación y validación de metodologías de cálculo neutrónico en vasijas del reactor de centrales nucleares tipo VVER.
IRLA	TECNATOM	Antonio Ballesteros	1999	2001	190.000	600.000	JRC, NRI, KURCHATOV INST., INSTITUTE FOR PROBLEMS OF STRENGHT	A2.3	Análisis de la aplicabilidad de la metodología de la "curva maestra" al comportamiento de los materiales de las vasijas de los reactores de las centrales tipo VVER.

Areas:
A2.1: Cód. TH. y neutrónicos
A2.2: Mejora cap. simulación
A2.3: Efecto irradiación neutrónica aceros
A2.4: Curvas Patron y P-T
A2.5: Mat. vasija, internos y tuberías
A2.6: Mejora téc. inspec./repar.
A2.7: Cambio bases licencia

RELACIÓN DE PROYECTOS DEL PROGRAMA DE BARRERA DE PRESIÓN DEL CIRCUITO PRIMARIO

PROYECTO	PROG. ASOC.	1998		1999		2000		2001		2002		2003		2004		2005	
		Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)
IMPACTO EN LA OPERACIÓN PRODUCIDO POR EL HOT LEG STREAMING																	
SIMULADOR DEL NUCLEO				60.000		60.000		60.000									
ESTUDIOS DE ESTRATIFICACIÓN TERMICA EN PRIMARIO										59.437							
INTEGRIDAD ESTRUCTURAL VASIJA	PCI (ES-01)	78.753	41.449	23.833	6.217												
FLUENCIA EN VASIJAS (VENUS)	PCI (ES-02)	20.724	164.294	10.362	76.629												
FLUENCIA EN VASIJAS II (VENUS II)	PCI (ES-07)					25.906	61.311	36.268	71.673	29.792	65.196						
DAÑO POR IRRADIACIÓN NEUTRÓNICA MEDIANTE SIMULACIÓN COMPUTACIONAL MULTIESCALA Y EXPERIMENTACIÓN (Proyecto REVE)	PCI (ES-14)											66.749	113.600	66.750	113.600	38.239	142.110
INTEGRIDAD ESTRUCTURAL VASIJA 2ª (CRPV)	PCI (ES-09)					0	120.202	60.101	60.101	30.051	90.152	30.050	90.152				
COBRA	UE																
REDOS	UE																
IRLA	UE																

Areas:
A2.1: Cód. TH. y neutrónicos
A2.2: Mejora cap. simulación
A2.3: Efecto irradiación neutrónica aceros
A2.4: Curvas Patron y P-T
A2.5: Mat. vasija, internos y tuberías
A2.6: Mejora téc. inspec./repar.
A2.7: Cambio bases licencia

RELACIÓN DE PROYECTOS DEL PROGRAMA DE BARRERA DE PRESIÓN DEL CIRCUITO PRIMARIO

PROYECTO	PARTICIPANTE SECTORIAL	TÉCNICO CONTACTO PROYECTO	Año inicio	Año fin	PARTIC. SECTORIAL (e)	PRES.TOT. PROYECTO (e)	OTROS PARTICIPANTES NO SECTORIALES	ÁREA	DESCRIPCIÓN PROYECTO
CUPRIVA	UNESA	Javier Martín	2002	2004	369.025	615.043	CSN, TECNATOM, LADICIM, SCK-CEN	A2.3	Estudiar el comportamiento de la implantación de la metodología de la Curva Patrón en las centrales nucleares españolas y la aplicación de diferentes niveles de análisis del procedimiento europeo de evaluación en el análisis de la integridad de la vasija del reactor.
ATHENA	TECNATOM	Antonio Ballesteros	2001	2003	383.000	383.000	CIEMAT, EE.AA., Univ. CANTABRIA, TRACTEBEL, BNFL, LMD, JRC, NRI REZ, VTT, AEAT, AEKI, CEA, EDF, FZR, NRG, SCK-CEN, FRAMATOME ANP, ROLLS ROYCE, BRITISH ENERGY	A2.3	Participación en los grupos de trabajo de "Master Curve" y "EPLAF" de la red europea AMES.
REVISIÓN METODOLOGIA DESARROLLO TARADOS COMS Y CURVAS HU/CD	ASCÓ / VANDELLÓS II / ALMARAZ				2.109	121.605		A2.3	
I+D MATERIALES & GPE	NUCLENOR / IBERDROLA	Jesús G. Santamaría Javier Martín	1999	1999	505.705	1.011.410		A2.4	Proyectos diversos de investigación en materiales.
CIR-1	UNESA	Manuel Ibañez	1996	1999	552.150	8.150.000	CIEMAT, EPRI, EE.EE. y Centros Int'les.	A2.4	Investigar el estudio de las causas y los efectos de la corrosión intergranular asistida por la irradiación (IASCC) en los componente internos de las vasijas de presión de los reactores nucleares.
CIR-2	UNESA	L. Francia Jesús G. Santamaría	2000	2004	348.007	7.490.000	CSN, CIEMAT, EPRI, EE.EE. y Centros Int'les.	A2.4	Fase II del CIR para investigar el estudio de las causas y los efectos de la corrosión intergranular asistida por la irradiación (IASCC) en los componente internos de las vasijas de presión de los reactores nucleares.
SCC ACEROS ENDURECIDOS (ENDURO)	UNESA	Jesús G. Santamaría	2001	2002	125.011	384.648	CSN, CIEMAT	A2.4	Establecer el efecto del endurecimiento en la susceptibilidad frente a SCC de los aceros austeníticos y evaluar sus consecuencias para los procesos de IASCC.
SUSCEPTIBILIDAD A IASCC DE ALEACION X-750 EN BWR (He-X750)	UNESA	Jesús G. Santamaría	2003	2004	156.200	367.400	CSN, CIEMAT	A2.4	Estudiar resistencia frente a corrosión bajo tensión, en condiciones de reactor tipo BWR, la aleación X-750 con He implantado, para explorar el efecto del He generado por transmutación en la susceptibilidad frente a IASCC del X-750.
THERFAT	TECNATOM / ENDESA	Carlos Cueto	2001	2003	82.842	1.599.893	E.ON, EDF, FRAMATOME, CEA, FhG, VTT, MPA, JRC, FORTUM, SIEMPELKAMP, CINAR, ESLOVACOS, JSI	A2.4	Desarrollo de una metodología europea para la evaluación de la integridad estructural en tuberías susceptibles a la fatiga térmica.
PISA	TECNATOM	Antonio Ballesteros	2001	2003	35.000	1.619.000	AEAT, JRC, BNFL, EDF, FRAMATOME, AEKI, VTT, NRI REZ, UNIV. LIVERPOOL, UNIV. STUTTGART	A2.4	Análisis de la influencia del fósforo en la fragilización por irradiación de los aceros de las vasijas de centrales nucleares.
PROYECTOS VARIOS DE MATERIALES	ASCÓ / VANDELLÓS II / ALMARAZ				61.699	3.557.995		A2.4	
ESTUDIO DE PERNOS DEL BAFFLE BARREL	ASCÓ / VANDELLÓS II / ALMARAZ				183.645	10.590.198		A2.4	
PROBETAS COMPUESTAS	IBERDROLA / NUCLENOR	Jesús G. Santamaría Javier Martín	1992	2001	49.584	99.167	LADICIM (Univ. Cantabria)	A2.4	Caracterización de la tenacidad de aceros de vasija mediante la utilización de probetas reconstruidas y probetas miniaturas.
TITÁN II	IBERDROLA / ALMARAZ / TRILLO				123.207	123.207		A2.4	Relación entre la estructura metalúrgica del titanio y su resistencia a la corrosión.

Areas:
A2.1: Cód. TH. y neutrónicos
A2.2: Mejora cap. simulación
A2.3: Efecto irradiación neutrónica aceros
A2.4: Curvas Patron y P-T
A2.5: Mat. vasija, internos y tuberías
A2.6: Mejora téc. inspec./repar.
A2.7: Cambio bases licencia

RELACIÓN DE PROYECTOS DEL PROGRAMA DE BARRERA DE PRESIÓN DEL CIRCUITO PRIMARIO

PROYECTO	PROG. ASOC.	1998		1999		2000		2001		2002		2003		2004		2005	
		Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)
CUPRIVA	PCI (ES-12)									151.457	100.971	151.457	100.972	66.111	44.074		
ATHENA	UE																
REVISIÓN METODOLOGÍA DESARROLLO TARADOS COMS Y CURVAS HU/CD	WOG																
I+D MATERIALES & GPE																	
CIR-1		414.090		138.030													
CIR-2	PCI (ES-08)					173.466		81.645		74.774		9.061		9.061			
SCC ACEROS ENDURECIDOS (ENDURO)	PCI (ES-10)							62.505	129.818	62.506	129.819						
SUSCEPTIBILIDAD A IASCC DE ALEACION X-750 EN BWR (He-X750)	PCI (ES-16)											78.100	105.500	78.100	105.000		
THERFAT	UE																
PISA	UE																
PROYECTOS VARIOS DE MATERIALES	WOG																
ESTUDIO DE PERNOS DEL BAFFLE BARREL	WOG																
PROBETAS COMPUESTAS																	
TITÁN II																	

Áreas:
A2.1: Cód. TH. y neutrónicos
A2.2: Mejora cap. simulación
A2.3: Efecto irradiación neutrónica aceros
A2.4: Curvas Patron y P-T
A2.5: Mat. vasija, internos y tuberías
A2.6: Mejora téc. inspec./repar.
A2.7: Cambio bases licencia

RELACIÓN DE PROYECTOS DEL PROGRAMA DE BARRERA DE PRESIÓN DEL CIRCUITO PRIMARIO

PROYECTO	PARTICIPANTE SECTORIAL	TÉCNICO CONTACTO PROYECTO	Año inicio	Año fin	PARTIC. SECTORIAL (e)	PRES.TOT. PROYECTO (e)	OTROS PARTICIPANTES NO SECTORIALES	ÁREA	DESCRIPCIÓN PROYECTO
EPRI-BWRVIP	IBERDROLA / NUCLENOR	Jesús G. Santamaría Javier Martín	2000	2002	771.700	1.543.400	EPRI, GE	A2.4	BWR Vessel and Internals Project.
HALDEN MATERIALES	TECNATOM / DTN	Juan Bros	<99	2003	906.076	2.351.073	CSN, CIEMAT, ENUSA	A2.4	Explotación de la participación conjunta española en el proyecto internacional Halden de la OCDE, compartiendo los costes y beneficios obtenidos. Aplicación de la tecnología desarrollada en Halden en beneficio del sector nuclear español.
ENSAYOS MATERIALES	NUCLENOR	Iñaki Gorrochategui	2000	2002	23.490	23.490		A2.4	Trabajos específicos de ensayos de materiales.
APOYO TÉCNICO EN TEMAS RELACIONADOS CON LA ALEACIÓN INCONEL 600	ASCÓ-VANDELLÓS II						WOG	A2.4	El programa pretende dar apoyo al EPRI en los temas relacionados con las grietas de las penetraciones de la tapa de la vasija.
PARTICIPACIÓN CON LA INDUSTRIA EN LOS TEMAS RELACIONADOS CON MATERIALES DE LOS INTERNOS DE LA VASIJA	ASCÓ-VANDELLÓS II						WOG	A2.4	El programa pretende mantener la participación con la industria (EDF, EPRI, Japón, etc.) en el comportamiento de los Materiales de la vasija sujetos a irradiación neutrónica en conjunción con otros mecanismos de degradación.
PARTICIPACIÓN EN EL PROGRAMA DE REEVALUACIÓN DE LA NRC RELATIVO AL PTS	ASCÓ-VANDELLÓS II						WOG	A2.4	El programa pretende seguir la reevaluación de la NRC relativa a las bases técnicas y los criterios para el Pressurized Thermal Shock de la vasija del reactor.
FATIGA	NUCLENOR	Iñaki Gorrochategui	2000	en curso	42.071	42.071		A2.4	Evaluación del gasto en fatiga de vasija y barrera de presión de C.N.S.M.Garofa.
IMOSSENS	TECNATOM	Belén Ribes	<99	1999	506.336	1.769.047	IXTREM, UMIST, NCSR, IMG	A2.5	.
RAPINSPECT	TECNATOM	M. Carmen Fernández	<99	1999	456.179	2.293.414	MITSUI BABCOCK ENERGY, DIAGNOSTIC SONAR, INSTITUT DE SOUDURE, IXTREM, SLV MUNCHEN, Univ. WARWICK	A2.5	Desarrollo de técnicas de ensayos no destructivos aplicables a la inspección rápida de soldaduras sin preparación superficial.
MISTRAL	TECNATOM	M. Carmen Fernández	<99	1999	473.967	3.115.281	EDF, Univ. CAGLIARI, STERIA, Univ. GANTE, SIEMENS, TNO, INST.SOLDADURA E QUALIDADE	A2.5	Desarrollo de técnicas de fusión de datos de diferentes técnicas de ensayos no destructivos e implantación en los sistemas de adquisición de datos.
AMES NDT	TECNATOM	Juan Bros	<99	1999	11.200	120.000	CIEMAT, JRC, NRG, VTT, FZR, EDF, AEAT, ARCS	A2.5	Evaluación, análisis e implantación de técnicas de ensayos no destructivos para la caracterización de propiedades de materiales metálicos empleados en las centrales nucleares.
METODOLOGÍA VALIDACIÓN ENDs	UNESA	Aurelio Sala	2000	2002	221.970	441.340	CSN, TECNATOM	A2.5	Mostrar que la Metodología de Validación de Sistemas de Inspección en Servicio, desarrollada por UNESA, es apropiada y permite determinar correctamente las capacidades técnicas de los sistemas de inspección que se aplican a los componentes de las centrales nucleares españolas.
HALDEN TECNICAS DE MEDIDA	TECNATOM / DTN	Alfonso Jimenez	<99	2003	906.076	2.351.073	CSN, CIEMAT, ENUSA	A2.5	Explotación de la participación conjunta española en el proyecto internacional Halden de la OCDE, compartiendo los costes y beneficios obtenidos. Aplicación de la tecnología desarrollada en Halden en beneficio del sector nuclear español.
SISTEMA DE INSPECCIÓN DE GENERADORES DE VAPOR DE CENTRALES VVER	TECNATOM	Santiago Sánchez	1999	2004	1.455.321	1.824.901	OIEA	A2.5	Desarrollo de un sistema de inspección y taponado de los tubos de los generadores de vapor de las centrales tipo VVER.
PIV	IBERDROLA / UF / TECNATOM / DTN				592.598	1.440.626	ENSA, ENWESA	A2.5	Inspección de las penetraciones de instrumentación en el fondo de vasijas PWR.
GRETE	TECNATOM	Juan Bros	2000	2003	18.390	500.000	CIEMAT, EDF, NRG, VTT, FhG-IZFP, JRC, AEAT, ARCS, AEKI, Univ. HANNOVER, PSI, UJZ REZ, SPG, FRAMATOME	A2.5	Comparación y análisis de técnicas de ensayos no destructivos para determinar el envejecimiento y degradación de los materiales metálicos empleados en las centrales nucleares.

Areas:
A2.1: Cód. TH. y neutrónicos
A2.2: Mejora cap. simulación
A2.3: Efecto irradiación neutrónica aceros
A2.4: Curvas Patron y P-T
A2.5: Mat. vasija, internos y tuberías
A2.6: Mejora téc. inspec./repar.
A2.7: Cambio bases licencia

RELACIÓN DE PROYECTOS DEL PROGRAMA DE BARRERA DE PRESIÓN DEL CIRCUITO PRIMARIO

PROYECTO	PROG. ASOC.	1998		1999		2000		2001		2002		2003		2004		2005	
		Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)
EPRI-BWRVIP																	
HALDEN MATERIALES	HALDEN																
ENSAYOS MATERIALES																	
APOYO TÉCNICO EN TEMAS RELACIONADOS CON LA ALEACIÓN INCONEL 600																	
PARTICIPACIÓN CON LA INDUSTRIA EN LOS TEMAS RELACIONADOS CON MATERIALES DE LOS INTERNOS DE LA VASIJA																	
PARTICIPACIÓN EN EL PROGRAMA DE REEVALUACIÓN DE LA NRC RELATIVO AL PTS																	
FATIGA																	
IMOSSENS	UE																
RAPINSPECT	UE																
MISTRAL	UE																
AMES NDT	UE																
METODOLOGÍA VALIDACIÓN ENDS	PCI (ES-06)					109.685	109.685	49.585	109.685	62.700	0						
HALDEN TECNICAS DE MEDIDA	HALDEN																
SISTEMA DE INSPECCIÓN DE GENERADORES DE VAPOR DE CENTRALES VVER	OIEA																
PIV	PIE																
GRETE	UE																

Areas:
A2.1: Cód. TH. y neutrónicos
A2.2: Mejora cap. simulación
A2.3: Efecto irradiación neutrónica aceros
A2.4: Curvas Patron y P-T
A2.5: Mat. vasija, internos y tuberías
A2.6: Mejora téc. inspec./repar.
A2.7: Cambio bases licencia

RELACIÓN DE PROYECTOS DEL PROGRAMA DE BARRERA DE PRESIÓN DEL CIRCUITO PRIMARIO

PROYECTO	PROG. ASOC.	1998		1999		2000		2001		2002		2003		2004		2005	
		Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)
NURBIM	UE																
GEODAS	UE																
AIRPIPE	UE																
SISTEMA DE INSPECCIÓN DE TUBERÍAS																	
CENTRO DE FORMACIÓN DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS																	
SISTEMA DE INSPECCIÓN DE LAS PENETRACIONES EN LAS TAPAS DE LAS VASIJAS DE LOS REACTORES PWR																	
SISTEMA DE INSPECCIÓN DE LAS BOMBAS DE CHORRO DE LOS REACTORES BWR																	
SISTEMA DE INSPECCIÓN DE LOS SOPORTES DEL NÚCLEO DE LOS REACTORES BWR																	
SISTEMA DE INSPECCIÓN DE VASIJAS DE REACTORES PWR																	
SISTEMA DE INSPECCIÓN DE GENERADORES DE VAPOR DE CENTRALES PWR																	
EXTENSIÓN DE INTERVALOS DE ISI DE LA VASIJA DEL REACTOR																	
REDEFINICIÓN DE HIPOTESIS DE LOCA	WOG																

Areas:
A2.1: Cód. TH. y neutrónicos
A2.2: Mejora cap. simulación
A2.3: Efecto irradiación neutrónica aceros
A2.4: Curvas Patron y P-T
A2.5: Mat. vasija, internos y tuberías
A2.6: Mejora téc. inspec./repar.
A2.7: Cambio bases licencia

RELACIÓN DE PROYECTOS DEL PROGRAMA DE CONTENCIÓN Y ACCIDENTES SEVEROS

PROYECTO	PARTICIPANTE SECTORIAL	TÉCNICO CONTACTO PROYECTO	Año inicio	Año fin	PARTIC. SECTORIAL (e)	PRES.TOT. PROYECTO (e)	OTROS PARTICIPANTES NO SECTORIALES	ÁREA	DESCRIPCIÓN PROYECTO
SAMOS (Computerized Severe Accident Management Operator Support)	TECNATOM / DTN		2002	2003	47.040	177.044	IBERINCO, NSC, IFE, WEE, UJD NEK	A3.1	Estudio de viabilidad y especificación de una herramienta computarizada de ayuda a la gestión de accidentes severos, con aplicación a una central nuclear PWR.
CÓDIGO ACCIDENTES SEVEROS	UNESA	J. Blanco	2000	2001	111.187	186.314	CSN, IBERINCO, SOLUZIONA, Univ. Cantabria	A3.1	Mejorar las capacidades de simulación del código MAAP4 en las primeras etapas de la secuencia, incluyendo la actividad inicial del refrigerante en el primario y los modelos de cinética y control, tanto para PWR, como para BWR.
SÍSIFO-GAS (Sistema de soporte Informático a la Formación y Gestión de Accidentes Severos en Centrales Nucleares)	TECNATOM / DTN / IBERDORLA		1999	2000	138.065	238.001	IBERINCO	A3.1	Desarrollo de una herramienta informática teniendo como núcleo predictivo el código MAAP 4.0.3 que sirva de apoyo a la gestión de los accidentes severos en Centrales Nucleares y mejore la formación y grado de entrenamiento del personal que interviene en dicha gestión, con aplicación de un prototipo a una central nuclear.
COMPORTAMIENTO H2 CONTENCIÓN	UNESA	J. Blanco / J.A. Martínez	1998	2000	120.202	347.509	CSN, CIEMAT, SOLUZIONA	A3.1	Mejorar la capacidad de los códigos de cálculo para modelar los fenómenos de combustión de hidrógeno en la contención y para cuantificar las cargas sobre las estructuras. Objetivos específicos son: Validar los modelos de combustión de hidrógeno del código CONTAIN contra experimentos representativos de accidente severo, validar los modelos de combustión de hidrógeno del código REACFLOW (ó GASFLOW) contra experimentos representativos de accidente severo, identificar las deficiencias y limitaciones de las aproximaciones, modelos y correlaciones que utilizan los códigos CONTAIN y REACFLOW (ó GASFLOW), mejorar los modelos químicos de combustión del hidrógeno de los códigos CONTAIN y REACFLOW (ó GASFLOW) o desarrollar otros nuevos, validar los modelos de distribución del hidrógeno del código REACFLOW (ó GASFLOW) contra experimentos representativos de accidente severo.
APOYO A LA INDUSTRIA EN LA RESOLUCIÓN DEL GSI-191 "ASSESSMENT OF DEBRIS ACCUMULATION ON PWR SUMPS PERFORMANCE"	ASCÓ-VANDELLÓS II / ALMARAZ					4.339.254	WOG	A3.1	El objetivo de este programa es prestar apoyo a la industria para la resolución del GSI-191 para dar respuesta a la NRC garantizando que se mantiene el margen para la pérdida de NPSH de las bombas que aspiran de los sumideros, y que se asegura la refrigeración a largo plazo.
ACCIDENTES SEVEROS	NUCLENOR		1999					A3.1	
EPRI-MAAP	UNESA	L. Francia	1998	2003	70.580	2.650.000	EPRI	A3.1	Grupo de Usuarios de MAAP (incluye mantenimiento y actualizaciones del código MAAP-4).
CAMS-AS (Extensión de CAMS a Accidentes Severos)	TECNATOM / DTN	R. Salve	<99		85.944	75.127	HALDEN INT'L PROJECT, IBERINCO, SOLUZIONA	A3.1	CAMS (Computerized Accident Management Support) es un sistema conceptual desarrollado por el proyecto internacional Halden, destinado a proporcionar apoyo a la operación de las centrales nucleares tanto en situaciones normales como en accidentes.
REVISIÓN DE ETF POST ACCIDENTE	ASCÓ-VANDELLOS II / ALMARAZ				2.087	120.370		A3.1	
RASPLAV	UNESA	L. Francia	1998	2000	27.978	73.708	CSN, UPM	A3.2	Realizar el seguimiento del Proyecto Internacional RASPLAV, y aportar al mismo la información que se requiera, estudiar la posibilidad de emplear el módulo BH del código MELCOR para el análisis del calentamiento del fondo de la vasija en PWR españoles, estudiar la posibilidad de emplear los resultados experimentales para mejorar los modelos referentes al fondo de vasija, estudiar la utilización del código CONV-2D para el análisis del calentamiento del fondo de la vasija de PWR, incorporar los códigos desarrollados y valorarlos frente a modelos equivalentes del MAAP4, valorar la aplicabilidad de los resultados de RASPLAV a la gestión de accidentes severos en CC.NN. españolas.

Areas:

A3.1: Comportamiento sistemas y gestión accdtes. severos.

A3.2: Comportamiento productos fisión escapados accdtes.

RELACIÓN DE PROYECTOS DEL PROGRAMA DE CONTENCIÓN Y ACCIDENTES SEVEROS

PROYECTO	PROG. ASOC.	1998		1999		2000		2001		2002		2003		2004		2005	
		Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)
SAMOS (Computerized Severe Accident Management Operator Support)	UE																
CÓDIGO ACCIDENTES SEVEROS	PCI (AP-11)					51.811	51.811	59.376	23.315								
SÍSIFO-GAS (Sistema de soporte Informático a la Formación y Gestión de Accidentes Severos en Centrales Nucleares)	ATYCA, PROFIT																
COMPORTAMIENTO H2 CONTENCIÓN	PCI (AP-13)	24.040	47.545	72.121	88.403	24.040	91.358										
APOYO A LA INDUSTRIA EN LA RESOLUCIÓN DEL GSI-191 "ASSESSMENT OF DEBRIS ACCUMULATION ON PWR SUMPS PERFORMANCE"																	
ACCIDENTES SEVEROS																	
EPRI-MAAP		9.500		11.500		11.990		11.990		12.800		12.800					
CAMS-AS (Extensión de CAMS a Accidentes Severos)	HALDEN																
REVISIÓN DE ETF POST ACCIDENTE	WOG																
RASPLAV	PCI (AP-12)	12.435	21.180	15.543	18.773	0	5.777										

Areas:

A3.1: Comportamiento sistemas y gestión accdtes. severos.

A3.2: Comportamiento productos fisión escapados accdtes.

RELACIÓN DE PROYECTOS DEL PROGRAMA DE CONTENCIÓN Y ACCIDENTES SEVEROS

PROYECTO	PARTICIPANTE SECTORIAL	TÉCNICO CONTACTO PROYECTO	Año inicio	Año fin	PARTIC. SECTORIAL (e)	PRES.TOT. PROYECTO (e)	OTROS PARTICIPANTES NO SECTORIALES	ÁREA	DESCRIPCIÓN PROYECTO
MACE	UNESA	L. Francia	1998	2000	72.536	108.634	CSN, UPM	A3.2	Comprobar la efectividad del vertido de agua para enfriar el material fundido del núcleo, interaccionando con el hormigón y determinar si la adición de agua es una estrategia viable para terminar el accidente fuera de la vasija.
PHEBUS-FP	UNESA	J.V. López	1998	1999	26.735	42.416	CSN, UPM	A3.2	(Del Proyecto Comunitario): Investigar y cuantificar, en una instalación experimental integral "in-pile", los diversos fenómenos de generación, transporte y retención de productos de fisión y aerosoles en condiciones de accidente grave en un reactor de agua ligera. (Del Proyecto Español): Asimilar en España los resultados del Proyecto Internacional, realizar aportes al avance de dicho Proyecto, utilizar los datos experimentales para contrastar los códigos de interés para España, obtener una definición mas precisa del término fuente de las CC.NN. Españolas.
EXTENSIÓN DEL PROYECTO MACE	UNESA	L. Francia	2002	2003	19.429	38.859	CSN, UPM	A3.2	Extensión del proyecto internacional MACE de interacción del nucleo fundido y hormigón, centrandose en cálculos con el codigo CORCON, diferencias de modelos MAAP y CORCON y mecanismos de maxima eficacia para la refrigeración del corium.
DETERMINACIÓN PROBABILIDAD GRANDES LIBERACIONES TEMPRANAS (WCAP-14333)	ASCÓ-VANDELLÓS II / ALMARAZ				321	18.519		A3.2	
			Totales		722.104	8.415.755			

Areas:

A3.1: Comportamiento sistemas y gestión accdtes. severos.

A3.2: Comportamiento productos fisión escapados accdtes.

RELACIÓN DE PROYECTOS DEL PROGRAMA DE CONTENCIÓN Y ACCIDENTES SEVEROS

PROYECTO	PROG. ASOC.	1998		1999		2000		2001		2002		2003		2004		2005	
		Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)
MACE	PCI (AP-10)	31.087	15.543	25.906	10.362	15.543	5.541										
PHEBUS-FP	PCI (AP-09)	20.725	8.808	6.010	6.874												
EXTENSIÓN DEL PROYECTO MACE	PCI (AP-17)									6.476	12.953	12.953	6.476				
DETERMINACIÓN PROBABILIDAD GRANDES LIBERACIONES TEMPRANAS (WCAP-14333)	WOG																

Areas:

A3.1: Comportamiento sistemas y gestión accdtes. severos.

A3.2: Comportamiento productos fisión escapados accdtes.

RELACIÓN DE PROYECTOS DEL PROGRAMA DE APS Y FACTORES HUMANOS

PROYECTO	PARTICIPANTE SECTORIAL	TÉCNICO CONTACTO PROYECTO	Año inicio	Año fin	PARTIC. SECTORIAL (e)	PRES.TOT. PROYECTO (e)	OTROS PARTICIPANTES NO SECTORIALES	ÁREA	DESCRIPCIÓN PROYECTO
APLICACIONES APS A ETF's	UNESA		1998	2000	77.717	155.434	CSN, UPV, IBERINCO	A4.1	Desarrollo de una experiencia piloto para poner a punto una metodología de análisis de requisitos de las ETFs, mediante el uso del APS.
APLICACIONES APS A ISI	UNESA		1998	1999	41.287	101.388	CSN, IBERINCO, TECNATOM	A4.1	Definir las características fundamentales de la metodología más adecuada para establecer un programa de inspección en servicio de tuberías que incluya consideraciones de riesgo. Aplicar la metodología a una central española. Establecer los requisitos mínimos de documentación y presentación del nuevo programa de inspección por parte de las CC.NN., así como los aspectos básicos de su evaluación por parte del CSN.
APLICACIONES APS A GARANTÍA CALIDAD	UNESA		1998	1999	45.076	90.152	CSN, IBERINCO	A4.1	Definir una metodología que permita establecer un programa de Garantía de Calidad Gradual para CC.NN., utilizando criterios de riesgo y juicios de expertos. Aplicar la metodología a un sistema piloto.
APLICACIÓN APS COSTE-BENEFICIO	UNESA		2000	2001	36.061	72.122	CSN, SOLUZIONA	A4.1	Desarrollar una Guía para la realización de Análisis Coste-Beneficio basado el el APS, para analizar la conveniencia y el impacto de las modificaciones en las CC.NN. La Guía se enmarcaría en el contexto de la USNRC RG 1.174 y de la " Guía básica CSN-UNESA para el proceso de Realización y Evaluación de las Aplicaciones de los APS"
APLICACIÓN APS COSTE-BENEFICIO Fase 2	UNESA		2003	2004	66.111	132.222	CSN, SOLUZIONA	A4.1	Desarrollo de casos concretos de aplicación a centrales piloto de la "Guía básica CSN-UNESA para el proceso de Realización y Evaluación de las Aplicaciones de los APS", de la forma más realista posible, para poner a prueba la metodología, su aplicabilidad y susceptibilidad de mejoras.
APLICACIÓN APS OTRAS FUENTES	UNESA		2000	2001	75.127	150.253	CSN, IBERINCO	A4.1	Aplicación de la metodología APS al análisis de riesgos originados en fuentes de productos radiactivos distintas del núcleo del reactor en una C.N., de forma que se llegue a un acuerdo entre el CSN y el Sector para decidir sobre la necesidad de la realización de estos análisis y sobre la metodología de los mismos.
PROYECTO ICDE	UNESA		1998	2001	0	36.016	CSN	A4.1	ICDE: International Common-Cause Failure Data Exchange. Desarrollar una base de datos que integre la mayor experiencia en explotación posible sobre fallos de causa común, para realizar análisis de causas y fenomenología, que permitan conocer mejor las características de diseño y operación de los componentes.
MODELO TRANSITORIOS ANTICIPADOS SIN SCRAM (ATWS MODEL)	ASCÓ/VANDELLOS II/ALMARAZ		1999	2001	19.350	1.115.825	WOG	A4.1	Desarrollar modelos más realistas para los cálculos de APS
MODELO APS DE SELLOS DE BOMBAS PRINCIPALES	ASCÓ/VANDELLOS II/ALMARAZ		1999	2001	44.051	2.540.247	WOG	A4.1	Desarrollar modelos más realistas para los cálculos de APS
MEJORAS EN LAS ETF'S INFORMADAS POR EL RIESGO	ASCÓ/VANDELLÓS II / ALMARAZ		2000	2003	42.243	2.211.682	WOG	A4.1	El programa integra varias iniciativas, de las cuales algunas ya estaban en curso, para desarrollar un programa general de mejoras de las ETF, informado en el riesgo (con utilización de los modelos APS)
ELABORACIÓN DE UN MODELO GENÉRICO PARA APS DEL ACCIDENTE RTGV	ASCÓ/VANDELLÓS II / ALMARAZ		1999	2001	2.330	122.020	WOG	A4.1	Se trata con este proyecto de desarrollar un modelo "Best-estimate" para los análisis APS del accidente de Rotura de tubos de Generadores de Vapor, ya que se ha observado por parte del WOG en las Revisiones Independientes que han hecho de varios APS que existen notables discrepancias entre plantas, dando lugar a valores de riesgo muy diferente
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS INFORMADAS EN EL RIESGO	C.N.S.M.GAROÑA/C. N.COFRENTES		1999	2002	44.228	1.769.000	BWROG	A4.1	El programa integra varias iniciativas, de las cuales algunas ya estaban en curso, para desarrollar un programa general de mejoras de las ETF, informado en el riesgo (con utilización de los modelos APS)
REGULACIÓN INFORMADA EN EL RIESGO (OPCIÓN 2)	C.N.S.M.GAROÑA/C. N.COFRENTES		1999	2002	16.250	650.000	BWROG	A4.1	Desarrollo de un proyecto piloto de aplicación de las guías del NEI

Áreas:

A4.1. Aplicaciones APS

A4.2. Mejoras interfase hombre-máquina

A4.3. Cultura de seguridad y fact. humanos/organiz.

A4.4. Mejora técnicas de formación.

A4.5. Mejora de respuesta en emergencias.

RELACIÓN DE PROYECTOS DEL PROGRAMA DE APS Y FACTORES HUMANOS

PROYECTO	PROG. ASOC.	1998		1999		2000		2001		2002		2003		2004		2005	
		Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)
APLICACIONES APS A ETF's	PCI (AP-02)	15.543	15.543	38.859	38.859	23.315	23.315										
APLICACIONES APS A ISI	PCI (AP-03)	30.051	30.051	11.236	30.050												
APLICACIONES APS A GARANTÍA CALIDAD	PCI (AP-04)	33.833	33.833	11.243	11.243												
APLICACIÓN APS COSTE-BENEFICIO	PCI (AP-15)					6.010	30.051	30.051	6.010								
APLICACIÓN APS COSTE-BENEFICIO Fase 2	PCI (AP-18)											44.074	44.074	22.037	22.037		
APLICACIÓN APS OTRAS FUENTES	PCI (AP-16)					0	30.050	75.127	45.076								
PROYECTO ICDE	PCI (AP-14)	0	8.808	0	8.808	0	9.200	9.200									
MODELO TRANSITORIOS ANTICIPADOS SIN SCRAM (ATWS MODEL)	WOG			6.450	365.492	6.450	365.492	6.450	365.492								
MODELO APS DE SELLOS DE BOMBAS PRINCIPALES	WOG			14.684	832.065	14.684	832.065	14.684	832.065								
MEJORAS EN LAS ETF'S INFORMADAS POR EL RIESGO	WOG					10.561	542.360	10.561	542.360	10.561	542.360	10.561	542.360				
ELABORACIÓN DE UN MODELO GENÉRICO PARA APS DEL ACCIDENTE RTGV	WOG			777	39.897	777	39.897	777	39.897								
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS INFORMADAS EN EL RIESGO	BWROG			11.057	431.193	11.057	431.193	11.057	431.193	11.057	431.193						
REGULACIÓN INFORMADA EN EL RIESGO (OPCIÓN 2)	BWROG			4.063	158.438	4.063	158.438	4.063	158.438	4.063	158.438						

Areas:

A4.1. Aplicaciones APS

A4.2: Mejoras interfase hombre-máquina

A4.3: Cultura de seguridad y fact. humanos/organiz.

A4.4: Mejora técnicas de formación.

A4.5: Mejora de respuesta en emergencias.

RELACIÓN DE PROYECTOS DEL PROGRAMA DE APS Y FACTORES HUMANOS

PROYECTO	PARTICIPANTE SECTORIAL	TÉCNICO CONTACTO PROYECTO	Año inicio	Año fin	PARTIC. SECTORIAL (e)	PRES.TOT. PROYECTO (e)	OTROS PARTICIPANTES NO SECTORIALES	ÁREA	DESCRIPCIÓN PROYECTO
REVISIÓN DE CRITERIOS DE SISTEMAS SEGÚN RESULTADOS APS (OPCIÓN 3)	C.N.S.M.GAROÑA/C. N.COFRONTES		1999	2002	23.170	927.000	BWROG	A4.1	Desarrollar un estudio que justifique los beneficios en el riesgo, mediante cuantificación con APS, de separar LOCA y LOOP
HALDEN INTERACCIÓN HOMBRE-MAQUINA	TECNATOM/DTN		<99	2.002	906.076	2.351.073	CSN, CIEMAT, ENUSA	A4.2	Explotación de la participación conjunta española en el proyecto internacional Halden de la OCDE, compartiendo los costes y beneficios obtenidos. Aplicación de la tecnología desarrollada en Halden en beneficio del sector nuclear español
SISTEMA COMPUTARIZADO DE FILTRADO DE ALARMAS	TECNATOM/DTN/C. N. ALMARAZ/IBERDRO		99	2002	1.354.363	1.653.384	CIEMAT	A4.2	Desarrollo y validación de sistemas de filtrado de alarmas para salas de control en centrales PWRs y BWRs.
ERRORES HUMANOS DE COMISIÓN	UNESA		1998	2001	69.427	138.854	CSN, CIEMAT	A4.3	Desarrollar una metodología que permita modelar los errores humanos de comisión en cualquier modo de operación y ante cualquier tipo de suceso iniciador, para incorporarla a los APSS españoles. Desarrollar una base de conocimiento sobre errores humanos de comisión, fundamentada en el análisis de incidentes operativos. Desarrollar un marco de referencia genérico de la actuación humana aplicable, tanto en los análisis de fiabilidad humana, como en el análisis de incidentes operativos que conlleven errores humanos.
IMPACTO ORGANIZACIÓN EN LA SEGURIDAD	UNESA		1998	2002	378.223	756.446	CSN, CIEMAT	A4.3	Contribuir al aumento de la seguridad de las CC.NN. mediante: a) Metodologías de carácter preventivo, b) Metodologías de carácter correctivo, c) Modelos para incorporar factores organizacionales a los APSS.
PROYECTOS EXTRAS	TECNATOM/IBERDR OLA		2000	2002	236.540	236.540	LABEIN, ENEL, CISE, KCL, UPM, MARCONI, WATT	A4.4	Desarrollo de una aplicación informática para minimizar la dedicación del instructor en el simulador durante la sesión de entrenamiento mediante consultas del alumno a la aplicación, supervisión de entrenamiento y evaluación del alumno. Los acuerdos de participación son por 3 años. En estos momentos se está negociando la participación para los próximos 3 años
MEDIOS DIDÁCTICOS	TECNATOM		2000	2004	490.017	490.017		A4.4	Actualización y mejora de los medios didácticos para la formación de personal de operación de centrales eléctricas.
MEDIOS DIDÁCTICOS AVANZADOS	TECNATOM		2000	2004	575.890	575.890		A4.4	Desarrollo de metodologías, entornos y plataformas informáticas (multimedia, teleformación, realidad virtual, realidad aumentada) para el desarrollo de medios didácticos avanzados de formación personal.
TECNOLOGÍAS DE SIMULACIÓN	TECNATOM		1999	2004	1.098.927	1.098.927	Univ. MÁLAGA	A4.4	Actualización y mejora de los códigos termohidráulicos y neutrónicos, de los entornos informáticos, base de datos, consola de instructor y control de configuración para el desarrollo y actualización de simuladores de alcance total y simuladores gráficos interactivos de centrales nucleares.
ETOILE	TECNATOM/IBERDR OLA		1999	2001	759.084	2.935.000	METRO BILBAO, LABEIN, Univ. LANCASTER, STN ATLAS, IGD	A4.5	Desarrollo de herramientas que permitan el entrenamiento individual, de equipo y de las organizaciones en la gestión de emergencias.
REVISIÓN 2 DE LAS EMERGENCY RESPONSE GUIDELINES ERG'S	ASCÓ/VANDELLÓS II / ALMARAZ		1999	2002	42.243	2.211.682	WOG	A4.5	Las ERG's (Procedimientos de Operación de Emergencias) genéricas del WOG están actualmente en revisión 1C tienen ya un número de propuestas de cambio significativas generadas dentro de su programa de Mantenimiento, que se consideran suficiente para abordar la Rev. 2 de las mismas,
SAGAZ	JOSÉ CABRERA/UF	J. Blanco	1.998	2.001	210.000	210.000	SOLUZIONA	A4.5	Desarrollo de un sistema de seguimiento de parámetros de operación en emergencias.
			Totales		6.653.790	22.731.174			

Areas:

A4.1. Aplicaciones APS

A4.2: Mejoras interfase hombre-máquina

A4.3: Cultura de seguridad y fact. humanos/organiz.

A4.4: Mejora técnicas de formación.

A4.5: Mejora de respuesta en emergencias.

RELACIÓN DE PROYECTOS DEL PROGRAMA DE APS Y FACTORES HUMANOS

PROYECTO	PROG. ASOC.	1998		1999		2000		2001		2002		2003		2004		2005	
		Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)
REVISIÓN DE CRITERIOS DE SISTEMAS SEGÚN RESULTADOS APS (OPCIÓN 3)	BWROG			5.793	225.958	5.793	225.958	5.793	225.958	5.793	225.958						
HALDEN INTERACCIÓN HOMBRE-MAQUINA	HALDEN	302.025	481.666	302.025	481.666	302.025	481.666	302.025	481.666	302.025	481.666						
SISTEMA COMPUTARIZADO DE FILTRADO DE ALARMAS	PIE			338.591	74.755	338.591	74.755	338.591	74.755	338.591	74.755						
ERRORES HUMANOS DE COMISIÓN	PCI (AP-05)	10.362	10.362	10.362	10.362	11.658	11.658	37.045	37.045								
IMPACTO ORGANIZACIÓN EN LA SEGURIDAD	PCI (AP-06)	67.355	67.355	77.717	77.717	77.717	77.717	77.717	77.717								
PROYECTOS EXTRAS	UE					78.847	0	78.847	0	78.847	0						
MEDIOS DIDÁCTICOS						98.003	0	98.003	0	98.003	0	98.003	0	98.003	0		
MEDIOS DIDÁCTICOS AVANZADOS						115.178	0	115.178	0	115.178	0	115.178	0	115.178	0		
TECNOLOGÍAS DE SIMULACIÓN				183.155	0	183.155	0	183.155	0	183.155	0	183.155	0	183.155	0		
ETOILE	UE			253.028	725.305	253.028	725.305	253.028	725.305								
REVISIÓN 2 DE LAS EMERGENCY RESPONSE GUIDELINES ERG'S	WOG			10.561	542.360	10.561	542.360	10.561	542.360	10.561	542.360						
SAGAZ		52.500	0	52.500	0	52.500	0	52.500	0								

Areas:
A4.1. Aplicaciones APS
A4.2: Mejoras interfase hombre-máquina
A4.3: Cultura de seguridad y fact. humanos/organiz.
A4.4: Mejora técnicas de formación.
A4.5: Mejora de respuesta en emergencias.

RELACIÓN DE PROYECTOS DEL PROGRAMA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA A LAS PERSONAS

PROYECTO	PARTICIPANTE SECTORIAL	TÉCNICO CONTACTO PROYECTO	Año inicio	Año fin	PARTIC. SECTORIAL (e)	PRES.TOT. PROYECTO (e)	OTROS PARTICIPANTES NO SECTORIALES	ÁREA	DESCRIPCIÓN PROYECTO
Modelo pulmonar ICRP-66	UNESA	Eduardo Sollet Sañudo, Ana Hernandez	1998	1999	78.132	132.223	Iberinco, Helgeson SS, CIEMAT	A5.1	Desarrollo del modelo metabólico completo para la estimación de dosis por incorporación de radionucleidos (funciones de retención y excreción para la interpretación tanto de medidas "in vivo", como medidas "in vitro") derivado del modelo pulmonar del ICRP-66, mediante la formulación matemática del mismo, y desarrollo de un programa de ordenador, en entorno Windows, compatible con los equipos de dosimetría interna actualmente existentes en las CC.NN. españolas que lo incorporen. Elaboración de procedimientos de actuación para medidas indirectas ("in vitro") (programas de control, obtención de muestras biológicas, análisis radioquímico de muestras de heces y orina e interpretación de resultados en términos de incorporación, dosis comprometida y dosis efectiva) para el caso de exposición interna a emisores fundamentalmente alfa y beta.
Modelo gastrointestinal	UNESA	Eduardo Sollet Sañudo, Ana Hernandez	2000	2001	66.111	132.223	Iberinco, Tecnatom	A5.1	Análisis y desarrollo del modelo para la estimación de dosis por incorporación de radionucleidos derivado del nuevo modelo propuesto por el ICRP, mediante la formulación matemática del mismo, y desarrollo del módulo de cálculo correspondiente al programa INDAC, compatible con los equipos existentes en la CC.NN. españolas. Implantar, en la ampliación del INDAC, la opción de cálculo de dosis derivada de los desarrollos anteriores. Instalar el INDAC en los contadores de las CC.NN. Españolas y en UNESA, y formar a los usuarios finales.
Mejora Sist. Dosimetría ininterna	UNESA	Eduardo Sollet Sañudo, Isabel Villanueva	2002	2004	119.451	238.902	Iberinco, Tecnatom, CIEMAT	A5.1	Disponer de una Metodología de Calibración de los Contadores de Radiactividad Corporal que utilicen detectores de INa como los de las Centrales Nucleares Españolas. Disponer de una nueva Metodología de Adquisición y Análisis de Datos de contaminación personal interna.
Dosimetría personal DLD	UNESA	Ana María Hernández , Juan Arán	1998	1999	0	81.437	Instituto de Técnicas Energeticas (INTE-U.P.C.)	A5.2	Estudiar el funcionamiento y respuesta de los nuevos sistemas de dosimetría personal de lectura directa, de tipo electrónico. Establecer los criterios de aceptabilidad aplicables a los diferentes tipos de dosímetros de lectura directa, de tipo electrónico. Estudiar la posibilidad de utilización de los dosímetros de lectura directa, de tipo electrónico, cuyas características permitan la determinación de las dosis profunda y superficial, como dosimetría oficial.
Espectrometro gamma in situ	UNESA	Jose Luis Mertin Matarranz, Paloma Marchena	< 98	1998	0	20.725	CIEMAT	A5.2	Disponer de un método operativo en campo, mediante el cual, y a través de los resultados de los espectros de radiación gamma obtenidos, determinar los valores de dosis asociados, así como los isótopos que darían lugar a dichas dosis.
Sondas de medidas de dosis	UNESA	Gines Rubio Cuadrado, Jose Luis Martín Matarranz	1998	2000	71.476	120.088	Universidad Autónoma de Barcelona (UAB)	A5.2	Desarrollar un procedimiento que permita aumentar la fiabilidad de las medidas de la tasa de dosis ambiental proporcionadas por una sonda, de manera que los valores obtenidos sean prácticamente independientes de la sonda utilizada. Estudiar la influencia de las distintas fuentes de radiación natural sobre las sondas. Relacionar las variaciones de ciertos parámetros meteorológicos con las variaciones de la tasa de dosis. Analizar la influencia del entorno sobre las dosis ambientales.

Áreas:

A5.1: Modelo estimación dosis

A5.2: Dosimetría.

A5.3: Desarrollo de técnicas de reducción de dosis

A5.4. Estudios epidemiológicos

RELACIÓN DE PROYECTOS DEL PROGRAMA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA A LAS PERSONAS

PROYECTO	PROG. ASOC.	Años anteriores		1998		1999		2000		2001		2002		2003		2004		2005	
		Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)
Modelo pulmonar ICRP-66	PCI (PR-03)			28.548	28.548	49.584	25.543												
Modelo gastrointestinal	PCI (PR-11)							40.210	40.206	25.902	25.902								
Mejora Sist. Dosimetría interna	PCI (PR-13)											23.890	23.890	47.780	47.780	47.780	47.780		
Dosimetría personal DLD	PCI (PR-02)			0	56.345	0	25.092												
Espectrometro gamma in situ	PCI (PR-06)	0	276.910	0	20.725														
Sondas de medidas de dosis	PCI (PR-07)			46.283	23.740	11.180	15.807	14.014	9.065										

Áreas:

A5.1: Modelo estimación dosis

A5.2: Dosimetría.

A5.3: Desarrollo de técnicas de reducción de dosis

A5.4. Estudios epidemiológicos

RELACIÓN DE PROYECTOS DEL PROGRAMA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA A LAS PERSONAS

PROYECTO	PARTICIPANTE SECTORIAL	TÉCNICO CONTACTO PROYECTO	Año inicio	Año fin	PARTIC. SECTORIAL (e)	PRES.TOT. PROYECTO (e)	OTROS PARTICIPANTES NO SECTORIALES	ÁREA	DESCRIPCIÓN PROYECTO
Dosimetría retrospectiva	UNESA	Jose Luis Mertín Matarranz, Eduardo Sollet	1998	1999	0	77.717	CIEMAT	A5.2	Desarrollar técnicas y métodos físicos de dosimetría retrospectiva, mediante la optimización de los métodos luminiscentes en materiales naturales (minerales) y el estudio de aquellos parámetros que puedan afectar la fiabilidad de los datos dosimétricos.
Dosímetros TLD para partículas	UNESA	Manuel Gonzalez Crespo, Ana Gonzalez Calvo	1998	1999	52.991	93.962	Universidad Autónoma de Barcelona (UAB)	A5.2	Desarrollar un procedimiento que permita, mediante el empleo de una dosimetría por termoluminiscencia, medir Hp(0,07). Este dosímetro, una vez optimizado para adaptarlo a las características exigidas por las partículas calientes, permitiría validar los resultados obtenidos por la simulación con Monte-Carlo (códigos EGS4-PRESTA, VARSKIN), referentes a la distribución superficial y en profundidad de las dosis en piel, suministradas por estas partículas calientes, en función de su tamaño, geometría, densidad y composición.
Nuevos desarrollos en dosimetría DLD	UNESA	Mª Isabel Villanueva. Manuel Gonzalez Crespo	2002	2003	13.372	26.745	Instituto de Técnicas Energeticas (INTE-U.P.C.)	A5.2	Verificación experimental de las características de cuatro equipos de dosimetría electrónica presentados en el mercado europeo en 1999 y 2000 : RADOS DIS 1, Merlin Guerin DMC 2000 XB, Merlin Guerin DMC 2000 X y Stephen 6000B. El análisis experimental de los equipos se llevará a cabo en base a los requisitos técnicos establecidos en el protocolo de verificación y calibración de dosímetros personales electrónicos de lectura directa desarrollado en el proyecto PR -09 "DOSIMETRO TLD PARTICULAS", al que complementa.
Flujo neutrónico en contención	UNESA	Gines Rubio Cuadrado, Lourdes Lara	1998	2000	91.206	157.027	Universidad Autónoma de Barcelona (UAB)	A5.2	Desarrollar una metodología, de aplicación general, que permita estimar los espectros de neutrones existentes en el recinto de contención de una central nuclear, mediante el empleo de un modelo de simulación con Monte-Carlo, adecuadamente validado mediante el empleo de detectores de neutrones.
Dosimetría neutrones en instal. Nucleares	UNESA	Mª Isabel Villanueva Francisco Gonzalez Tardiu	2002	2003	53.497	106.994	Universidad Autónoma de Barcelona (UAB), Instituto de Técnicas Energeticas (INTE-UPC)	A5.2	Estudio en profundidad de la problemática asociada a la dosimetría de neutrones en campos mixtos de radiación típicos de las centrales nucleares y sobre la sistemática general utilizada en la práctica para llevar a cabo esta dosimetría.
Realidad virtual para P. R. (PRVIR)	DTN / Tecnomat / C.N. Vandellós II	Ricardo Salve	1999	2000	126.092	126.092	Universidad Politécnica de Madrid	A5.3	Desarrollo de un prototipo de Curso de Protección Radiológica para centrales nucleares basado en la realidad virtual aplicada a la formación en protección radiológica
Simulación virtual planif. Interv. (SIMU2)	DTN / Tecnomat / C.N. Almaraz	Ricardo Salve	2000	2002	270.509	270.509	Universidad Politécnica de Madrid, CIEMAT	A5.3	Desarrollo de una herramienta informática de planificación de trabajos de mantenimiento en una instalación nuclear o radiactiva proporcionando estimaciones de dosis y tiempos de las maniobras a simular así como información sobre su factibilidad física, con una aplicación piloto en una central nuclear
VRIMOR	DTN / Tecnomat / C.N. Almaraz	Ricardo Salve	2000	2003	140.439	140.439	Universidad Politécnica de Madrid, CIEMAT, NNC, SCK-CEN, Z+F.UK	A5.3	Desarrollo de una metodología y herramientas de simulación en un entorno 3D interactivo (realidad virtual) para minimizar la exposición ocupacional, reduciendo riesgos y costes asociados a actividades de mantenimiento en ambientes radiactivos de una central nuclear
Estudio epidemiológico internacional de trabajadores de instalaciones nucleares	UNESA	Juan Bernar	1998	2000	0	0	CSN, IARC	A5.4	Estudio epidemiológico internacional del colectivo de trabajadores de instalaciones nucleares realizado por el Instituto del Cancer de Lyon (IARC).
			Totales		1.083.276	1.725.083			

Áreas:

A5.1: Modelo estimación dosis

A5.2: Dosimetría.

A5.3: Desarrollo de técnicas de reducción de dosis

A5.4. Estudios epidemiológicos

RELACIÓN DE PROYECTOS DEL PROGRAMA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA A LAS PERSONAS

PROYECTO	PROG. ASOC.	Años anteriores		1998		1999		2000		2001		2002		2003		2004		2005	
		Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)
Dosimetria retrospectiva	PCI (PR-08)	0	556.183	0	41.449	0	36.268												
Dosímetros TLD para particulas	PCI (PR-09)			15.566	15.566	37.425	25.405												
Nuevos desarrollos en dosimetria DLD	PCI (PR-14)											5.349	5.349	8.024	8.024				
Flujo neutronico en contención	PCI (PR-05)			56.305	32.154	20.374	18.331	14.526	15.336										
Dosimetria neutrones en instal. Nucleares	PCI (PR-15)											21.399	21.399	32.098	32.098				
Realidad virtual para P. R. (PRVIR)	ATYCA, PROFIT					67.313		58.779											
Simulación virtual planif. Interv. (SIMU2)	PROFIT							59.297		185.412		25.800							
VRIMOR	Euratom									64.341		70.244		5.854					
Estudio epidemiológico internacional de trabajadores de instalaciones nucleares																			

Áreas:

A5.1: Modelo estimación dosis

A5.2: Dosimetria.

A5.3: Desarrollo de tecnicas de reducción de dosis

A5.4. Estudios epidemiológicos

RELACIÓN DE PROYECTOS DE EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

PROYECTO	PARTICIPANTE SECTORIAL	TÉCNICO CONTACTO PROYECTO	Año inicio	Año fin	PARTIC. SECTORIAL (e)	PRES.TOT. PROYECTO (e)	OTROS PARTICIPANTES NO SECTORIALES	ÁREA	DESCRIPCIÓN PROYECTO
Codigos IPR-COSYMA	Nuclenor	Javier Bustillo						A6.1	Adquisición e implantación de códigos para la determinación de consecuencias reales de accidente del APS nivel 3, con posibilidad de estimar el efecto de la aplicación de contramedidas.
Terminos fuente en emergencias	UNESA	Javier Bustillo, Jose Ignacio Serrano	2000	2003	96.162	192.324	Iberinco, Universidad del País Vasco	A6.1	Desarrollar una herramienta que permita evaluar la actividad potencialmente vertible, calcular la dosis al exterior en una situación de emergencia y clasificar de acuerdo con el PLABEN dicha situación. Esta herramienta se diseñará para cada central como un sistema experto adaptado a la configuración de la misma.
Dosis radiación natural CC.NN.	UNESA	José Luis Martín Matarranz, Javier Bustillo	< 98	1998	0	11.419	Universidad de Cantabria	A6.2	Estimar las dosis que recibe la población que habita en el entorno de las CC.NN. del país, mediante la medida de la concentración: de radionucleidos naturales en suelos; de los niveles de radiación gamma en el interior y exterior de las viviendas; y de las concentraciones de Rn-222 en el interior de las viviendas.
Radiación natural Campo Arañuelo	UNESA	José Luis Martín Matarranz, Javier Bustillo	2000	2001	10.217	20.434	Universidad de Cantabria	A6.2	Estimación de la dosis debida a radiación natural que recibe la población de la zona de Campo Arañuelo (Cáceres), en la que está ubicada la CN de Almaraz. Los objetivos secundarios son: Medida de la concentración de radón en un conjunto de viviendas seleccionadas, estimación de la dosis recibida por la población residente, debida a las distintas fuentes naturales, correlación de los resultados obtenidos con las características geológicas de la zona
			Totales		106.379	224.177			

Areas:

A6.1: Evaluación términos fuente y dosis ambientales en O.N. y emergencias.

A6.2: Radiación Natural.

RELACIÓN DE PROYECTOS DE EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

PROYECTO	PROG. ASOC.	Años anteriores		1998		1999		2000		2001		2002		2003		2004		2005	
		Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)
Codigos IPR-COSYMA																			
Terminos fuente en emergencias	PCI (PR-10)							21.035	21.035	19.232	19.232	33.056	33.056	22.838	22.838				
Dosis radiación natural CC.NN.	PCI (PR-04)	0	17.129	0	11.419														
Radiación natural Campo Arañuelo	PCI (PR-12)							5.181	5.181	5.036	5.036								

Areas:

A6.1: Evaluación términos fuente y dosis ambientales en O.N. y emergencias.

A6.2: Radiación Natural.

RELACIÓN DE PROYECTOS DEL PROGRAMA DE OPTIMIZACIÓN DEL IMPACTO RADIOLÓGICO

PROYECTO	PARTICIPANTE SECTORIAL	TÉCNICO CONTACTO PROYECTO	Año inicio	Año fin	PARTIC. SECTORIAL (e)	PRES.TOT. PROYECTO (e)	OTROS PARTICIPANTES NO SECTORIALES	ÁREA	DESCRIPCIÓN PROYECTO
Plasma de resinas	Iberdrola	Fernando Álvarez Mir	1996	2004				A7.1	Aplicación de las tecnologías de plasma al tratamiento de resinas
Matrices gestión residuos	UNESA	Fernando Álvarez Mir, Julia Lopez de la Higuera	1999	2002	36.061	108.182	ENRESA, INASMET, CSIC-Ceramica y Vidrio	A7.1	Definir y caracterizar nuevas matrices de material vítreo partiendo de los condicionamientos legales actualmente establecidos para El Cabril, como alternativa a las actuales matrices de hormigón. Establecer la metodología para iniciar el proceso de caracterización de cualquier otro material alternativo y más óptimo que los existentes, para la solidificación de residuos radiactivos.
Materiales de baja actividad	UNESA	Julia López de la Higuera, Agustín Bercedo	1999	2001	44.114	132.343	ENRESA, Empresarios Agrupados	A7.2	Establecer unos procedimientos y metodologías que permitan caracterizar, con rigor y fiabilidad, el nivel de actividad y/o contaminación superficial de aquellos materiales de desecho de muy baja actividad, susceptibles de desclasificación, pudiendo determinar el nivel de confianza y el nivel de calidad del proceso de desclasificación. Desarrollar un proceso de toma de decisiones previas a la desclasificación de un material, con optimización económica
			Totales		80.175	240.525			

Areas:

A7.1: Técnicas de gestión de materiales y residuos.

A7.2: Caracterización de materiales susceptibles de desclasificación.

RELACIÓN DE PROYECTOS DEL PROGRAMA DE OPTIMIZACIÓN DEL IMPACTO RADIOLÓGICO

PROYECTO	PROG. ASOC.	Años anteriores		1998		1999		2000		2001		2002		2003		2004		2005	
		Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)
Plasma de resinas																			
Matrices gestión residuos	PCI (RE-02)					15.554	0	2.404	36.133	16.227	31.854	1.875	4.135						
Materiales de baja actividad	PCI (RE-01)					15.506	0	4.273	39.559	24.335	48.670								

Areas:

A7.1: Técnicas de gestión de materiales y residuos.

A7.2: Caracterización de materiales susceptibles de desclasificación.

RELACIÓN DE PROYECTOS DEL PROGRAMA DE COMBUSTIBLE GASTADO Y RESIDUOS DE ALTA ACTIVIDAD

PROYECTO	PARTICIPANTE SECTORIAL	TÉCNICO CONTACTO PROYECTO	Año inicio	Año fin	PARTIC. SECTORIAL (e)	PRES.TOT. PROYECTO (e)	OTROS PARTICIPANTES NO SECTORIALES	ÁREA	DESCRIPCIÓN PROYECTO
Contenedor combustible gastado BWR	Endesa	Jose Luis Pizarro	1998	2002	31.854	1.094.744	ENSA, HITACHI	A8.1	Diseño de un contenedor que sirva para el almacenamiento y transporte seguro de elementos combustibles irradiados producidos por centrales tipo BWR.
			Totales		31.854	1.094.744			

RELACIÓN DE PROYECTOS DEL PROGRAMA DE COMBUSTIBLE GASTADO Y RESIDUOS DE ALTA ACTIVIDAD

PROYECTO	PROG. ASOC.	Años anteriores		1998		1999		2000		2001		2002		2003		2004		2005	
		Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)
Contenedor combustible gastado BWR	PROFIT				355.198	11.419	132.223	12.020	331.158	4.207	219.970	4.207	24.641						

RELACIÓN DE PROYECTOS DEL PROGRAMA DE CENTRALES AVANZADAS

PROYECTO	PARTICIPANTE SECTORIAL	TÉCNICO CONTACTO PROYECTO	Año inicio	Año fin	PARTIC. SECTORIAL (e)	PRES.TOT. PROYECTO (e)	OTROS PARTICIPANTES NO SECTORIALES	ÁREA	DESCRIPCIÓN PROYECTO
Proyecto de Centrales Nucleares Avanzadas (PCNA) (**)	DTN	Manuel Marco	1992	2002	25.304.800	43.279.212	Promotores: GENERAL ELECTRIC, WESTINGHOUSE, ANSALDO Y EPRI; Colaboradores españoles: UTE (EMPRESARIOS AGRUPADOS-INITEC), TECNATOM, CIEMAT, ENSA, ENUSA, EMPRESARIOS AGRUPADOS INTERNACIONAL, IBERINCO, INITEC Y LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA; Otros participantes internacionales: TVO, VATTENFALL/FKA, EDF, FORTUM, NOK, UAK, TRACTEBEL Y ENEL.	A9.1 y A9.2	Participación en la certificación del documento de requisitos de las Empresas Eléctricas de EE.UU. desarrollado por EPRI (URD); participación en la certificación de los diseños pasivos (SBWR y AP600); colaboración en el desarrollo de dichos diseños en colaboración directa con General Electric y Westinghouse, incluyendo el desarrollo de reactor evolutivo ABWR, principalmente en sus aspectos sinérgicos con el SBWR, y la adaptación de ambas tecnologías, PWR y BWR, a Europa (proyectos EPP/AP000 y EBWR, respectivamente).
			1992	1997	21.434.434	35.614.179			
			1998	2002	3.870.366	7.665.033			
EUR (European Utility Requirements) (**)	DTN	Manuel Marco	1991	1999	2.323.929	2.323.929	EDF, TVO, UAK, BRITISH ENERGY, NRG, SOGIN, TRACTEBEL, VATTENFALL/FKA, VDEW Y ROSENERGOATOM; Colaboradores españoles: UTE (EMPRESARIOS AGRUPADOS-INITEC), TECNATOM Y EMPRESARIOS AGRUPADOS INTERNACIONAL	A9.1	Elaboración conjunta por parte de un grupo de empresas eléctricas europeas de unas especificaciones técnicas para las futuras centrales nucleares de agua ligera, tanto del tipo pasivo como evolutivo, que en el futuro se contruyan en Europa (Documento EUR).
			1991	1997	1.799.466	1.754.356			
			1998	1999	524.463	569.573			
Proyecto de Central Avanzada Europea (PCAE)	DTN	Manuel Marco	2000	2005	2.149.935	2.764.116	Participantes internacionales: EDF, TVO, UAK, BRITISH ENERGY, NRG, SOGIN, TRACTEBEL, VATTENFALL/FKA, VDEW, ROSENERGOATOM, GENERAL ELECTRIC, WESTINGHOUSE Y ANSALDO; Colaboradores españoles: EMPRESARIOS AGRUPADOS INTERNACIONAL, TECNATOM Y ENSA.	A9.1 y A9.2	Continuación de los trabajos relacionados con el Documento EUR, adaptación de los diseños ABWR y AP1000 a las condiciones europeas y participación en el Proyecto INPRO del OIEA.
		Totales			29.778.664	48.367.257			
(*) Participación española									
(**) Este proyecto tiene su continuación en el PCAE		Totales (1998-2005)			6.544.764	10.998.722			

Áreas:
A9.1: Especificaciones técnicas futuras CC.NN.
A9.2: Proyectos de desarrollo de reactores

RELACIÓN DE PROYECTOS DEL PROGRAMA DE CENTRALES AVANZADAS

PROYECTO	PROG. ASOC.	1998		1999		2000		2001		2002		2003		2004		2005	
		Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)
Proyecto de Centrales Nucleares Avanzadas (PCNA) (**)	PIE																
		677.595	664.342	805.638	789.881	1.563.566	1.532.985	421.130	412.893	402.437	394.566						
EUR (European Utility Requirements) (**)																	
		288.154	29.495	236.309	15.615												
Proyecto de Central Avanzada Europea (PCAE)	PROFIT					295.650	6.611	264.940	6.611	262.420	349.000	498.107	139.644	416.778	63.492	412.040	48.823
(*) Participación española																	
(**) Este proyecto tiene su continuación en el PCAE																	

RELACIÓN DE PROYECTOS DEL PROGRAMA DE GESTIÓN DE VIDA

PROYECTO	PARTICIPANTE SECTORIAL	TÉCNICO CONTACTO PROYECTO	Año inicio	Año fin	PARTIC. SECTORIAL (e)	PRES.TOT. PROYECTO (e)	OTROS PARTICIPANTES NO SECTORIALES	ÁREA	DESCRIPCIÓN PROYECTO
GESTIÓN DE VIDA	ASCÓ-VANDELLÓS II / ALMARAZ		1992	1994	193.713	11.170.772		A11.1	Sistemas de evaluación de vida remanente de centrales nucleares
EPRI-FATIGUE-PRO	UNESA / VANDELLÓS II / NUCLENOR / IBERDROLA	L. Francia I. Gorrochategui	1998	en curso	126.619	219.340	EPRI, SIA	A11.1	Desarrollo de herramientas para la determinación del impacto en fatiga de transitorios reales en componentes críticos
SISTEMA DE GESTIÓN DE VIDA (SIGEVI)	UNESA / TECNATOM / C.N.VANDELLÓS II	Ignacio Marcelles	<99	2000	189.829	2.417.746	EE.AA, INITEC, SOLUZIONA, IIT-UPCO	A11.2	Desarrollo, implantación y validación sobre una central demostración de un sistema integrado de gestión de vida de centrales nucleares, que facilita la evaluación de la condición de vida de los principales componentes
XPECTION	TECNATOM/ENDESA	Ignacio Marcelles	2002	2004	470.477	2.210.829	FRAUNHOFFER, SKODA-UJP, SKODA RESEARCH, REPSOL-YPF, CINAR	A11.2	Desarrollo de metodologías para el cálculo de vida remanente en componentes sujetos a fluencia térmica mediante la determinación del tamaño del grano de los aceros
GESTIÓN DE VIDA	IBERDROLA				1.027.550	2.417.751		A11.2	
ENVEJECIMIENTO DE CABLES ELECTRICOS EN CCNN	UNESA	René Fernández	2002	2003	43.457	86.914	CSN, EE.AA.,TECNATOM	A11.3	Establecer una base común de actuación de todas las centrales nucleares españolas en el desarrollo de actividades sistemáticas de vigilancia de sus sistemas de cableado eléctrico, que asegure la necesaria obtención de resultados homogéneos entre centrales y la gestión eficaz de su vida útil (Fase I de la memoria).
SISTEMA DE INSPECCIÓN DE TURBOGRUPOS	TECNATOM	Juan José Regidor	<99	2004	359.225	359.225		A11.3	Desarrollo de sistemas de inspección de los rotores de las turbinas y alternadores de centrales eléctricas
INFRAESTRUCTURA, MANTENIMIENTO Y METODOLOGÍA DE GVU	NUCLENOR	Francisco R. Marín	2000	2002	92.255	92.255		A11.3	Actualización programas base de UNESA
		Totales (>= 1998)			2.309.412	7.804.060			

Areas:

A11.1: Def. criterios genéricos gestión vida.

A11.2: Seguimiento on-line de vida.

A11.3: Vigilancia, inspección y reparación de componentes críticos.

RELACIÓN DE PROYECTOS DEL PROGRAMA DE GESTIÓN DE VIDA

PROYECTO	PROG. ASOC.	1998		1999		2000		2001		2002		2003		2004		2005	
		Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)
GESTIÓN DE VIDA	WOG																
EPRI-FATIGUE-PRO																	
SISTEMA DE GESTIÓN DE VIDA (SIGEVI)	PIE																
XPECTION	UE																
GESTIÓN DE VIDA																	
ENVEJECIMIENTO DE CABLES ELECTRICOS EN CCNN	PCI (ES-13)									8.691	8.691	34.766	34.766				
SISTEMA DE INSPECCIÓN DE TURBOGRUPOS																	
INFRAESTRUCTURA, MANTENIMIENTO Y METODOLOGÍA DE GVU																	

Areas:
A11.1: Def. criterios genéricos gestión vida.
A11.2: Seguimiento on-line de vida.
A11.3: Vigilancia, inspección y reparación de componentes críticos.

RELACIÓN DE PROYECTOS DEL PROGRAMA DE MEJORA DE DISPONIBILIDAD DE PLANTA Y PRACTICAS OPERATIVAS

PROYECTO	PARTICIPANTE SECTORIAL	TÉCNICO CONTACTO PROYECTO	Año inicio	Año fin	PARTIC. SECTORIAL (e)	PRES.TOT. PROYECTO (e)	OTROS PARTICIPANTES NO SECTORIALES	ÁREA	DESCRIPCIÓN PROYECTO
TITÁN 1ª FASE	IBERDROLA / ALMARAZ / TRILLO	Felipe Montero	1991	1994	245.814	330.557	C.T. LADA, BABCOK & WILCOX ESPAÑOLAS, S.A., GRUPO CUÑADO (COMERCIAL TUBOS), MECÁNICA DE LA PEÑA, S.A	A12.1	Banco de ensayos para el estudio de materiales de tubos de cambiadores de calor.
GAMA-1 (Generador de aplicaciones de Mantenimiento de la Instrumentación)	TECNATOM / DTN / C.N.VANDELLOS II	A. Jiménez	1994	1996	641.869	1.375.188	ENWESA	A12.1	Automatización de las pruebas periódicas de mantenimiento de la instrumentación de proceso, reduciendo el tiempo empleado en las pruebas consiguiendo una mayor disponibilidad de los canales de disparo, menores posibilidades de aparición de errores humanos y menor perturbación del operador a la planta.
VIRMAN (Maquetas Virtuales para el Entrenamiento en Mantenimiento)	TECNATOM / DTN / C.N. TRILLO	R. Salve	2000	2004	171.228	233.493	Univ. POLITÉCNICA MADRID, EE.AA.	A12.1	Desarrollo de una aplicación informática para visualizar en 3 dimensiones componentes de centrales nucleares (válvulas, bombas, cambiadores de calor, gruas, vasijas...) para formación de mantenimiento
DIVAMO	TECNATOM / ENDESA	O. Carrillo	1999	2000	181.055	343.779	ENWESA	A12.1	Diagnosis on-line de válvulas motorizadas basado en parámetros eléctricos de los motores
AMICA	TECNATOM	Mª C.Perez Melguizo	2001	2003	687.755	2.599.957	CSIC, IMASONIC, ULTRASONIC SCIENCES LTD, USL, ANSALDO, PATENTES TALGO, VTT	A12.1	Desarrollo de un sistema array con aplicación a turbinas de centrales eléctricas y ruedas de tren
ROBTANK	TECNATOM	Mª C.Perez Melguizo	2001	2003	400.810	2.712.677	INST. DE SOLDADURA E QUALIDADE, EID, Univ. SOUTHBANK, PHOENIX LTD, OIS, PETROGAL, MT-INTEGRIDADE	A12.1	Desarrollo de un sistema de inspección basado en un vehículo submarino para inspección de tanques que contengan crudo, derivados de petróleo, etc. (ambientes explosivo)
STARMATE	TECNATOM	Fco. Glez. Añez	2000	2003	257.190	3.672.203	EADS-CASA, THALES, ZGDV, DUNE, CSSI	A12.1	Desarrollo de una aplicación informática de realidad aumentada para la formación de personal de mantenimiento de centrales eléctricas
MANTENIMIENTO PREDICTIVO Y GUIA DE EVALUACIÓN DE DETECTORES INTERNOS Y EXTERNOS AL NUCLEO	ASCÓ-VANDELLÓS II / ALMARAZ	WOG	2001	2002	2.350	123.000		A12.1	Emisión de una guía para el mantenimiento y pruebas de los detectores internos y externos del núcleo (Emitida Guía el 31/05/2002)
GUIA DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE BARRAS DE CONTROL	ASCÓ-VANDELLÓS II / ALMARAZ	WOG	2001	2002	4.921	257.529		A12.1	Emitido WCAP 15.360 Rev.1
MEJORAS DE MANTENIMIENTO BASADAS EN "RISK INFORMED REGULATIONS"	ASCÓ-VANDELLÓS II / ALMARAZ	WOG	2001	2003	65.778	3.372.403		A12.1	Conjunto de proyectos del WOG destinados a la optimización del mantenimiento. Comprende los proyectos MUHP: 6027, 6029, 6032, 6033, 5090, 5091, 5092, 5096, 5098, 5120, 5200 y 5205 de los grupos de Análisis y materiales que aportan mejoras basadas en el análisis de riesgos.
MANITER (Sistema de Medida de Anomalías Incipiente en señales de medida de parámetros que determinan la potencia Térmica de una Central Nuclear	TECNATOM /DTN / IBERDROLA	R. Salve	2001	2003	16.025	32.905	Univ. POLITÉCNICA VALENCIA	A12.1	Desarrollo un sistema, basado en herramientas estadísticas y técnicas de Análisis de ruido, que permita detectar anomalías y derivas en los valores de medida de parámetros operacionales de una Central Nuclear, en particular aquellos que tienen incidencia en la determinación de la potencia térmica de la Central, y la implementación de un prototipo para una aplicación piloto de la Central Nuclear de Cofrentes
SISTEMA DE INSPECCIÓN DE CAMBIADORES DE CALOR	TECNATOM	C. Costilla	1999	2004	60.684	60.684		A12.1	Desarrollo de una aplicación informática para el análisis de la inspección de tubos de cambiadores de calor por corrientes inducidas

Areas:

- A12.1: Desarrollo técnicas optimiz. mantenimiento
- A12.2: Mejora sistemas de ayuda a la explotación
- A12.3: Aplicación tecnología digital a sistemas de IyC
- A12.4: Robótica

RELACIÓN DE PROYECTOS DEL PROGRAMA DE MEJORA DE DISPONIBILIDAD DE PLANTA Y PRACTICAS OPERATIVAS

PROYECTO	PROG. ASOC.	1998		1999		2000		2001		2002		2003		2004		2005	
		Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)
TITÁN 1ª FASE	PIE																
GAMA-1 (Generador de aplicaciones de Mantenimiento de la Instrumentación)	PIE																
VIRMAN (Maquetas Virtuales para el Entrenamiento en Mantenimiento)	PROFIT					46.556	16.930	124.672	45.336								
DIVAMO	PROFIT			137.482	123.563	43.573	39.161										
AMICA	UE							131.129	364.585	290.070	806.497	266.556	741.120				
ROBTANK	UE							83.709	482.832	289.319	1.668.788	27.782	160.246				
STARMATE	UE					78.534	1.042.788	94.515	1.254.986	84.141	1.117.239						
MANTENIMINETO PREDICTIVO Y GUIA DE EVALUACIÓN DE DETECTORES INTERNOS Y EXTERNOS AL NUCLEO	WOG							1.175		1.175							
GUIA DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE BARRAS DE CONTROL	WOG							2.460		2.460							
MEJORAS DE MANTENIMIENTO BASADAS EN "RISK INFORMED REGULATIONS"	WOG							21.926		21.926		21.926					
MANITER (Sistema de Medida de Anomalías Incipiente en señales de medida de parámetros que determinan la potencia Térmica de una Central Nuclear								8.162	8.713	6.487	6.720	1.376	1.447				
SISTEMA DE INSPECCIÓN DE CAMBIADORES DE CALOR				14.304				4.910		17.429		12.020		12.020			

Areas:
A12.1: Desarrollo técnicas optimiz. mantenimiento
A12.2: Mejora sistemas de ayuda a la explotación
A12.3: Aplicación tecnología digital a sistemas de IyC
A12.4: Robótica

RELACIÓN DE PROYECTOS DEL PROGRAMA DE MEJORA DE DISPONIBILIDAD DE PLANTA Y PRACTICAS OPERATIVAS

PROYECTO	PARTICIPANTE SECTORIAL	TÉCNICO CONTACTO PROYECTO	Año inicio	Año fin	PARTIC. SECTORIAL (e)	PRES.TOT. PROYECTO (e)	OTROS PARTICIPANTES NO SECTORIALES	ÁREA	DESCRIPCIÓN PROYECTO
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN CLORACIÓN CERO	ASCÓ-VANDELLÓS II	Bielza	1993	1995	560.000	800.000	CHUGOKU PAINTS	A12.1	El objetivo de esta investigación es que, en caso de que los resultados obtenidos en las zonas de experimentación sean positivos, este tratamiento se extiende a toda la instalación de toma. Con ello, a la vez de eliminar el uso de la cloración y de las pinturas biocidas, se pretende acortar plazos de mantenimiento de la instalación en recarga e incrementar el periodo entre pintados de la misma
CENTRO DE FORMACIÓN EN MANTENIMIENTO	TECNATOM	P. Blesa	2001	2004	248.349	248.349		A12.1	Desarrollo de medios didácticos (manuales, maquetas, lazo hidráulico) para la formación de personal en mantenimiento de centrales nucleares
PROGRAMAS DE INSPECCIÓN	TECNATOM	M ^a José Esteban	1997	2004	358.420	358.420		A12.1	Desarrollo de herramientas informáticas para el seguimiento y control de programas de inspección en servicio de centrales eléctricas
			1998	2004	343.982	343.982			
SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS DE CORRIENTES INDUCIDAS	TECNATOM	B. Ribes	1998	2004	602.533	602.533		A12.1	Desarrollo de sistemas de adquisición y análisis de datos por corrientes inducidas empleados en los sistemas de inspección
SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS POR ULTRASONIDO	TECNATOM	M. Borrás	1997	2004	987.499	987.499		A12.1	Desarrollo de sistemas de adquisición y análisis de datos ultrasónicos empleados en los sistemas de inspección
			1998	2004	867.010	867.010			
DIAGNÓSTICO EN CONTINUO DE FALLOS EN TRANSFORMADORES DE POTENCIA	ENDESA / TECNATOM	Anulado	NA	NA			NA	A12.1	El proyecto tiene por objeto desarrollar una herramienta software de diagnóstico de fallos de transformadores de potencia basada en datos tomados en continuo de determinadas variables accesibles significativas para la vida del mismo. Dicha herramienta intentará alertar lo más pronto posible sobre una posible aparición de un fallo, y en caso de que se dé súbitamente, dar indicaciones sobre su posible causa origen. raíz
NUEVOS ESTUDIOS Y MODELOS ELECTRICOS	NUCLENOR	René Fernandez	1995	1996	19.833	19.833		A12.1	Desarrollo de modelo de sistema de distribución eléctrica de Sta. María de Garoña
INTEGRACIÓN DE BASES DE DATOS Y MEJORA DE SIMA	NUCLENOR	Julio Gonzalez	1999	2000	460.000	460.000		A12.1	Integración de Aplicaciones Técnicas
PEANO (Validación de señales de parámetros críticos en planta mediante técnicas neuro-fuzzy)	TECNATOM	R. Salve	1998	1999	81.407	103.536	HALDEN INT'L PROJECT	A12.2	Adaptación de la herramienta PEANO a un trabajo en tiempo real, analizando su empleo en grandes plantas industriales
MONITORIZACIÓN DEL RENDIMIENTO TÉRMICO	TECNATOM / DTN	R. Salve	2001	2002	120.202	157.766	HALDEN INT'L PROJECT	A12.2	Conexión en tiempo real y prueba en un simulador de la herramienta TEMPO (Termal Performance Monitoring and Optimisation, que se apoya en el empleo de modelos del proceso a optimizar
Estimación de parámetros críticos del ciclo secundario de una central nuclear mediante la aplicación técnicas neuro-fuzzy al análisis de ruidos	TECNATOM	R. Salve	2001	2002	120.202	159.689	HALDEN INT'L PROJECT	A12.2	Análisis de la viabilidad del empleo de técnicas de análisis de ruido para la inferencia de medidas de procesos industriales y validación en una instalación
MODELO DE FUGAS DE SELLOS DE BOMBAS DEL PRIMARIO	ASCÓ/VANDELLOS II/ALMARAZ	WOG	2001	2002	4.576	239.500		A12.2	Emitido WCAP en comentarios. Previsto emisión definitiva : 12/2002
ESTUDIO DE FUGAS EN GENERADIRES DE VAPOR (ARG-3)	ASCÓ-VANDELLÓS II / ALMARAZ	WOG	2001	2002	8.159	427.000		A12.2	Emitida ARG-3 para implantación en Centrales
CRITERIOS E INSPECCIÓN MOTOR BOMBAS REFRIGERANTE PRIMARIO	ASCÓ-VANDELLÓS II / ALMARAZ	WOG	2002	2003	9.044	521.543		A12.2	Analisis de posibles cambios de frecuencia en inspecciones
INSTRUMENTACIÓN DIGITAL	UNESA	René A. Fernandez	1999	2001	79.648	117.402	CSN, NOVOTEC, FRAMATOME-ANP, SCHNEIDER	A12.3	Obtener una metodología para el licenciamiento de un sistema de instrumentación digital, contrastar la metodología y ganar experiencia aplicándola a casos prácticos

Areas:

- A12.1: Desarrollo técnicas optimiz. mantenimiento
- A12.2: Mejora sistemas de ayuda a la explotación
- A12.3: Aplicación tecnología digital a sistemas de IyC
- A12.4: Robótica

RELACIÓN DE PROYECTOS DEL PROGRAMA DE MEJORA DE DISPONIBILIDAD DE PLANTA Y PRACTICAS OPERATIVAS

PROYECTO	PROG. ASOC.	1998		1999		2000		2001		2002		2003		2004		2005	
		Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN CLORACIÓN CERO																	
CENTRO DE FORMACIÓN EN MANTENIMIENTO				63.299		7.368		1.586		55.894		60.101		60.101			
PROGRAMAS DE INSPECCIÓN		25.120		11.588				123.965		123.207		30.051		30.051			
SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS DE CORRIENTES INDUCIDAS		69.363		66.424						224.538		189.920		52.288			
SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS POR ULTRASONIDO		214.127		161.959		130.552		91.119		106.980		90.152		72.121			
DIAGNÓSTICO EN CONTINUO DE FALLOS EN TRANSFORMADORES DE POTENCIA																	
NUEVOS ESTUDIOS Y MODELOS ELECTRICOS																	
INTEGRACIÓN DE BASES DE DATOS Y MEJORA DE SIMA																	
PEANO (Validación de señales de parámetros críticos en planta mediante técnicas neuro-fuzzy)	HALDEN	39.050	11.200	42.357	10.929												
MONITORIZACIÓN DEL RENDIMIENTO TÉRMICO	HALDEN							49.517	15.474	70.685	22.090						
Estimación de parámetros críticos del ciclo secundario de una central nuclear mediante la aplicación técnicas neuro-fuzzy al análisis de ruidos	HALDEN							49.517	16.267	70.685	23.220						
MODELO DE FUGAS DE SELLOS DE BOMBAS DEL PRIMARIO	WOG							2.288		2.288							
ESTUDIO DE FUGAS EN GENERADRES DE VAPOR (ARG-3)	WOG							4.080		4.080							
CRITERIOS E INSPECCIÓN MOTOR BOMBAS REFRIGERANTE PRIMARIO	WOG									4.522		4.522					
INSTRUMENTACIÓN DIGITAL	PCI (ES-05)			19.383	19.383	47.388	16.678	12.877	1.693								

Areas:
A12.1: Desarrollo técnicas optimiz. mantenimiento
A12.2: Mejora sistemas de ayuda a la explotación
A12.3: Aplicación tecnología digital a sistemas de l y C
A12.4: Robótica

RELACIÓN DE PROYECTOS DEL PROGRAMA DE MEJORA DE DISPONIBILIDAD DE PLANTA Y PRACTICAS OPERATIVAS

PROYECTO	PARTICIPANTE SECTORIAL	TÉCNICO CONTACTO PROYECTO	Año inicio	Año fin	PARTIC. SECTORIAL (e)	PRES.TOT. PROYECTO (e)	OTROS PARTICIPANTES NO SECTORIALES	ÁREA	DESCRIPCIÓN PROYECTO
SALA DE CONTROL AVANZADA	TECNATOM / ENDESA / IBEDROLA / ASCÓ-VANDELLÓS II	A. Lopez Ruiperez	1999	2003	560.700	560.700		A12.3	Análisis de viabilidad, estudio de experiencias y tendencias actuales en la modernización de la instrumentación y control de las salas de control de centrales nucleares con aplicación a una central piloto en operación
ESTUDIOS/PROTOTIPOS SISTEMAS DIGITALES	NUCLENOR	René Fernandez	1999	2001	176.841			A12.3	
METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE DEFENSA EN PROFUNDIDAD Y DIVERSIDAD	ASCÓ-VANDELLÓS II	WOG	2002	2003	1.256	65.750	WOG	A12.3	El objetivo del programa es obtener la aprobación de la NRC para la metodología de Análisis de Defensa en Profundidad y Diversidad que permita a las Plantas de WOG migrar a sistema de control y protección digitales en ves de los actuales analógicos (debido a problemas de obsolescencia, reducción de coste y mantenimiento, etc) determinando la susceptibilidad a los fallos postulados del Software que pueden ser fallos de Causa común; mientras que en la base de diseño de los sistemas de seguridad se postula el criterio de "Fallo Simple"
SISTEMAS ROBÓTICOS TELEOPERADOS (SRT)	UNESA / ENDESA / IBEDROLA / TECNATOM	Jose M. Calleja	(1994) 1998	2000	3.047.492	5.477.204	ENSA, CASA, CEIT, CIEMAT, U.CANTABRIA	A12.4	Desarrollo de sistemas robóticas teleoperados para apoyo en las operaciones de inspección, vigilancia y mantenimiento de las instalaciones nucleares y radiactivas. Como consecuencia del mismo se generaron los siguientes prototipos industriales: Robot neumático de inspección (ROBICEN); Robot de carril de inspección (ROBCAR); Sistema de detección de fugas por análisis de ruidos (ANAES); y los siguientes prototipos de viabilidad: Robot de inspección para el pozo seco de centrales BWR (POZOSECO); Manipulador básico con sistema de control de esfuerzos (MALIBA); Unidad motriz de orugas de alta estabilidad (ROBMOC); y Sistema de ayuda a la navegación (SINAV). Todos los prototipos industriales se encuentran en Tecnatom para su comercialización.
		Totales			11.527.559	27.767.018			
		Totales (>= 1998)			8.579.197	23.760.594			

Areas:

- A12.1: Desarrollo técnicas optimiz. mantenimiento
- A12.2: Mejora sistemas de ayuda a la explotación
- A12.3: Aplicación tecnología digital a sistemas de IyC
- A12.4: Robótica

RELACIÓN DE PROYECTOS DEL PROGRAMA DE MEJORA DE DISPONIBILIDAD DE PLANTA Y PRACTICAS OPERATIVAS

PROYECTO	PROG. ASOC.	1998		1999		2000		2001		2002		2003		2004		2005	
		Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)
SALA DE CONTROL AVANZADA						119.000		441.700									
ESTUDIOS/PROTOTIPOS SISTEMAS DIGITALES																	
METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE DEFENSA EN PROFUNDIDAD Y DIVERSIDAD	WOG									628		628					
SISTEMAS ROBÓTICOS TELEOPERADOS (SRT)	PIE	1.947.460	2.029.883	772.601	308.175	327.431	91.654										

Areas:
A12.1: Desarrollo técnicas optimiz. mantenimiento
A12.2: Mejora sistemas de ayuda a la explotación
A12.3: Aplicación tecnología digital a sistemas de IyC
A12.4: Robótica

RELACIÓN DE PROYECTOS DEL PROGRAMA DE REACTORES DE FUSIÓN

PROYECTO	PARTICIPANTE SECTORIAL	TÉCNICO CONTACTO PROYECTO	Año inicio	Año fin	PARTIC. SECTORIAL (e)	PRES.TOT. PROYECTO (e)	OTROS PARTICIPANTES NO SECTORIALES	ÁREA	DESCRIPCIÓN PROYECTO
FUSIÓN MAGNÉTICA	IBERDROLA / DTN	Jose Antonio Tagle	1986	1993	51.086	120.202	CIEMAT, JRC	A13.1	Plan estratégico del área de fusión 1996-1998. Proyecto tecnológico e industrial por confinamiento magnético.
FUSIÓN INERCIAL	IBERDROLA / DTN	Jose Antonio Tagle	1986	1994	51.086	120.202	UPM	A13.2	Plan estratégico del área de fusión 1996-1998. Confinamiento inercial y aplicaciones tecnológicas
		Totales			102.172	240.404			
		Totales (>= 1998)			0	0			

Areas:
A13.1: Confinamiento magnético.
A13.2: Confinamiento inercial.

RELACIÓN DE PROYECTOS DEL PROGRAMA DE REACTORES DE FUSIÓN

PROYECTO	PROG. ASOC.	1998		1999		2000		2001		2002		2003		2004		2005	
		Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)	Sector / (UNESA)	Otros / (CSN)
FUSIÓN MAGNÉTICA	PIE																
FUSIÓN INERCIAL	PIE																