



José I. CALVO MOLINS es Licenciado en Físicas y Diplomado en Ingeniería Nuclear. Actualmente ocupa el puesto de Jefe de la Unidad de Evaluación del Riesgo del Consejo de Seguridad Nuclear.

ESTADO Y PREVISIONES DEL PROGRAMA INTEGRADO DE REALIZACION Y UTILIZACION DE LOS APS

J. I. CALVO - J. I. VILLADONIGA



José I. VILLADONIGA es Ingeniero Industrial. Actualmente ocupa el puesto de Subdirector Adjunto de Análisis y Evaluación del Consejo de Seguridad Nuclear.

INTRODUCCION: ANTECEDENTES

En junio de 1986, el Pleno del CSN aprobó el "Programa Integrado de Realización y Utilización de los Análisis Probabilistas de Seguridad en España", el cual se elaboró para plasmar las intenciones declaradas por el CSN en el informe del 31-12-83 (CSN/IS/5/83) al Congreso de los Diputados y al Senado, según el que el CSN indicaba que se iban a requerir las realizaciones de estudios de Evaluación Probabilista de Riesgos, más normalmente conocidos en la actualidad como Análisis Probabilistas de Seguridad (APS), a cada una de las centrales españolas.

Tras la experiencia adquirida en la realización y evaluación del primer APS español a la central de Santa María de Garoña, habiéndose constatado la gran conveniencia y utilidad de este tipo de análisis, se preparó el antedicho Programa Integrado, aprobado más tarde por el Pleno del CSN.

El Programa Integrado fue enviado al Congreso de los Diputados y al Senado poco después de su aprobación, siendo incluido un resumen del mismo como Anexo IV al informe del 30-6-86 (CSN/IS/10/86). El Programa Integrado plasmaba las intenciones del CSN indicando que se iban a requerir a cada compañía explotadora, de forma escalonada en el tiempo, los APS de cada central nuclear. Asimismo, se identificaban actividades de soporte a la realización y evaluación de los APS, así como recursos básicos necesarios para ello.

Habiendo transcurrido un tiempo apreciable desde la aprobación y edición del

Programa Integrado, es intención de este artículo el presentar el estado actual de las actividades del mismo, así como compararlo con las actividades similares que se han llevado a cabo en otros países con industria electro-nuclear. Finalmente, se describen las próximas actividades necesarias para seguir llevando a cabo o actualizar el citado Programa.

ESTADO ACTUAL DEL PROGRAMA

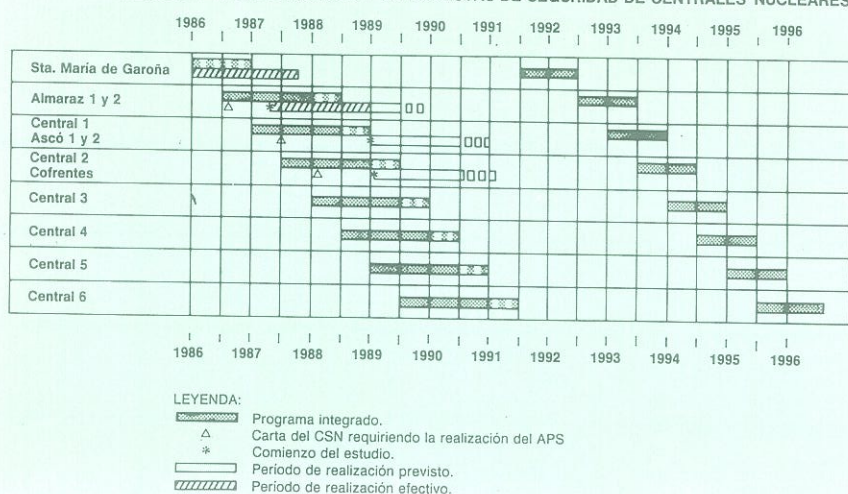
Tal y como se describe en el propio texto editado del Programa Integrado, el mismo se compone de siete puntos fundamentales, que son los que se van a seguir en la descripción que sigue de las actividades realizadas hasta el momento.

REQUERIMIENTOS Y REALIZACION DE LOS APS

El Programa Integrado indica que los requerimientos se irán realizando, de forma escalonada en el tiempo, directamente a cada una de las centrales españolas. El alcance entre requerimiento y requerimiento irá aumentando para optimizar la asimilación de tecnología y el uso de los recursos nacionales, tanto por parte de la industria nuclear, como por la del CSN, que realizará su evaluación de los APS de forma continua e interactiva asignando personal directamente en las oficinas en que se realice cada uno de los estudios.

El periodo de escalonamiento entre los requerimientos se indicaba en el Programa Integrado que se iba a fijar inicialmente en seis meses, como objeti-

PROGRAMA PREVISTO Y REAL DE ANALISIS PROBABILISTAS DE SEGURIDAD DE CENTRALES NUCLEARES



FI Programa

vo de trabajo. En la figura I se incluye el calendario inicial considerado por el Programa Integrado, y sobreimpuesto, el calendario real con el que se han venido realizando los requerimientos y los proyectos hasta la fecha. Como se ve en la figura, hay un desfase apreciable entre el objetivo inicial y el calendario real. Ello se ha debido a varias razones:

- Algunos requerimientos no se pudieron ceñir a los seis meses de escalonamiento por el retraso inicial en la incorporación de personal y de recursos al grupo de trabajo del CSN encargado del desarrollo del Programa Integrado, alcanzando en algunos casos ocho meses de retraso en la incorporación de nuevo personal.

- Todos los requerimientos efectuados hasta la fecha han sido contestados por las compañías explotadoras de las centrales nucleares, y responsables de los estudios, solicitando un plazo superior al inicialmente requerido por el CSN para llevar a cabo la organización de los Proyectos de APS y realizar las contrataciones y periodos de formación pertinentes. Los APS son proyectos caros y complicados que exigen unos costes de varios cientos de millones de pesetas, y los recursos de alrededor de quince personas durante los dos años de duración típica de los proyectos.

Una de las intenciones de elaborar un Programa Integrado era la de que las compañías conociesen que se

les iba a realizar el requerimiento de APS, para que se fuesen preparando los aspectos de organización y formación. En la práctica, cada compañía eléctrica ha empezado a realizar ese tipo de actividades cuando se les ha hecho el requerimiento concreto a su central. De forma similar han reaccionado las empresas de ingeniería españolas, que era de prever fuesen contratadas para la realización de los proyectos o de parte de los mismos.

- Algunos proyectos se han extendido en una duración más larga de la prevista. Ello es debido a la escasa experiencia previa en el país en la tecnología de los APS, lo que obligó a un ritmo lento de realización en las fases iniciales de algún proyecto, así como a revisiones de un alcance apreciable de las tareas de dichas fases. En ese sentido, se ha dejado ver una falta de coordinación y de intercambio de información entre las organizaciones españolas involucradas en la realización de los proyectos.

No obstante, el retraso no es excesivo y, recuperando el ritmo inicial previsto, siempre y cuando varíe el comportamiento de las centrales todavía sin iniciar sus APS, y se mantenga el ritmo creciente de asignaciones de recursos al grupo de APS en el CSN, es posible todavía llegar a terminar la primera versión de todos los APS en fechas no demasiado lejanas a las iniciales, como lo son las del año 1992.

Por otra parte, en la tabla I se incluye un resumen de los alcances de los APS requeridos. Se puede apreciar que el aumento del mismo desde el requerimiento del APS de la CN Santa María de Garoña ha sido muy considerable. Actualmente, el alcance de los APS españoles es el de estimación de la frecuencia de accidentes con deterioro del núcleo del reactor cuando el mismo se encuentra a potencia, incluyendo algunos de los sucesos externos más significativos, como las inundaciones externas e internas y los incendios. El alcance se amplía con los análisis de fiabilidad de los sistemas de la contención y el análisis más detallado de aquellos posibles accidentes en los que se diese directamente un sobrepaso del recinto de la contención para los productos de fisión liberados en caso de deterioro del núcleo. Este sobrepaso puede consistir en el escape de dichos productos a través de tuberías que penetran la pared de la contención, como, por ejemplo, las de los sistemas de refrigeración de emergencia.

Así pues, hasta el momento, lo que se ha hecho ha sido ir incluyendo más aspectos contribuyentes a la posibilidad de que se produzca un accidente con deterioro del núcleo, como los sucesos

TI ALCANCE DE LOS APS REQUERIDOS

Central	Alcance
Santa María de Garoña	Estimación de la frecuencia de accidentes con deterioro del núcleo debido a sucesos internos de la central con el reactor a potencia.
Almaraz	Lo mismo que para Santa María de Garoña más el tratamiento en mayor detalle de las secuencias de accidente con sobrepaso de la contención, análisis de fiabilidad de los sistemas de la contención y el riesgo externo ocasionado por incendios.
Ascó	Lo mismo que Almaraz más el riesgo originado por posibles inundaciones internas en la central.
Cofrentes	Lo mismo que Ascó más el riesgo originado por inundaciones externas y el análisis en detalle de posibles fallos de la contención que pudieran originar el deterioro posterior del núcleo.

externos, si bien que incluyendo ya aspectos que tienen que ver con el comportamiento de la contención. Por ejemplo, el análisis de fiabilidad de los sistemas de la contención, para algunos sistemas y algunos tipos de centrales, no tiene influencia en la posibilidad de accidentes que originarán la fusión o deterioro del núcleo. Tal es el caso, como ejemplo más claro, del sistema de aislamiento de la contención; sin embargo, la estimación de la fiabilidad de ese sistema es importante de cara al riesgo, pues, caso de producirse ese deterioro del núcleo, si ese sistema no ha actuado, se produciría escape directo al exterior. Como consecuencia, aunque el nivel de los APS hasta el momento no puede llegar a la estimación del riesgo, se ha requerido el análisis de fiabilidad de esos sistemas de la contención, de forma adicional.

Otro caso análogo es el de la inclusión en los requerimientos de la necesidad de realizar análisis más detallados de las secuencias de accidente en las que, como característica intrínseca de las mismas, se produce un sobrepaso de la contención. Tal es el caso de roturas de tuberías de sistemas conectados con el circuito primario de refrigeración y que atraviesan la contención, puesto que entonces se tendría un accidente de pérdida de refrigerante que conduciría a fusión del núcleo y descarga en el exterior. Este tipo de secuencias podrían resultar poco probables desde el punto de vista de que se produzca el deterioro del núcleo, pero serían importantes desde el punto de vista de riesgo.

De la forma descrita en los párrafos anteriores se ha paliado el hecho de no realizarse análisis completos del comportamiento de la contención y de escape de radionucleidos, lo que se ha dado en llamar Nivel 2 de los APS, incluyendo explícitamente secuencias típicas que claramente pueden ser contribuyentes al riesgo, aunque no a la frecuencia de accidentes. Si, en algún momento, se estimara que la tecnología de ese Nivel 2 se encontrase suficientemente madura para poder ofrecer resultados realmente prácticos a costes no prohibitivos, se abordaría, como se ha indicado, un análisis de dicho comportamiento de la contención, en primer lugar, y un análisis del escape de radionucleidos, o de términos fuente, a continuación, para pasar, finalmente, al análisis de consecuencias externas, o Nivel 3 de los APS, si así se estima conveniente.

En cada requerimiento de los APS se pide a cada compañía explotadora el que prepare una Propuesta de Plan de Proyecto para su envío al CSN en un plazo de tiempo. Para la realización de esa propuesta, el CSN da unos criterios generales en los que se fija el al-

cance del análisis y se dan las líneas generales que ha de seguir la metodología y organización del Proyecto. Las propuestas, una vez elaboradas, son evaluadas en el CSN antes de su aprobación, necesaria para el comienzo oficial de cada APS.

En la evaluación de las propuestas se han venido utilizando los siguientes elementos, considerados críticos en el CSN para la adecuada organización y realización de un APS:

- La Dirección efectiva del Proyecto corre a cargo de una persona cualificada del explotador. Ello porque: a) la realización del análisis requiere un acceso a mucha documentación y a muchas personas, que sólo puede asegurarse correctamente por una persona del explotador; b) el proyecto debe dejar un contenido en el explotador que no se da si el proyecto se deja en manos de una ingeniería; c) una ingeniería puede tener, al menos en teoría, intereses en que no se identifiquen como resultado del APS deficiencias en el diseño de las que sería directamente responsable, y d) una ingeniería tenderá a ajustarse a los costos previamente estimados, mientras que si la dirección corre a cargo del explotador existe más flexibilidad en la modificación del alcance y en la mejora del estudio.
- El explotador aporta al proyecto personal suficiente para garantizar la adquisición de capacidad suficiente para su posterior utilización/ampliación. Ello porque si esta situación no se produce, el documento del APS se convierte en un estudio aislado sin posibilidades reales de aplicación o mejora posteriores.
- Debe participar personal de explotación de la central con la doble función de asegurar que el modelo refleja la planta real y de facilitar a la organización de explotación un conocimiento de los importantes beneficios de las técnicas de APS. Ello porque: a) es absolutamente imprescindible que el estudio refleje la realidad de la central para que su utilización sea correcta, y b) un conocimiento y convencimiento por el personal de explotación de los beneficios de las técnicas de APS es prácticamente imprescindible para que, una vez realizado, se lleven a cabo aplicaciones prácticas del APS.
- Los consultores extranjeros dependerán directamente del Director del Proyecto (de la compañía explotadora). Ello porque es preciso para conseguir que la tecnología producida, como códigos de cálculo, quede al menos en poder del explotador y exista por tanto una posibilidad práctica de uso posterior.

- Los participantes en el grupo que son ajenos al explotador lo hacen no como ingeniería, sino como una "asignación" al proyecto. Ello porque los intereses del proyecto, definidos por el Director del Proyecto, deben estar por encima de los particulares de la ingeniería a la que pertenece el experto.
- El Grupo encargado de la realización del APS debe tener una cierta homogeneidad, es decir, el número de diferentes empresas implicadas debe estar reducido al mínimo factible. Ello porque si el número de empresas es muy alto es previsible la existencia de problemas de coordinación y de defensa de intereses particulares.
- El paquete de programas informáticos elegido debiera instalarse en el ordenador del explotador. Ello porque: a) reduce el coste de las ejecuciones de los programas y, por tanto, elimina reticencias de hacer más casos o de repetir casos, y b) facilita su posible utilización posterior.
- El paquete de programas informáticos debe facilitar la realización de aplicaciones del APS una vez completo. Ello porque un paquete informático complejo dificulta la realización de recálculos precisos para aplicaciones y, por tanto, no favorece la posterior utilización del APS.
- La metodología seleccionada debe facilitar en lo posible la posterior extensión al Nivel 2 (análisis de la contención). Ello porque una metodología que después es difícilmente enlazable con el Nivel 2 puede dificultar y retrasar la ampliación a dicho nivel.
- Es esencial una correcta organización del proyecto. Ello porque, aunque muchas deficiencias de organización son subsanables a lo largo del proceso de realización, requieren un excesivo consumo de recursos por parte del CSN y, por tanto, deben evitarse desde el principio.
- Es esencial una actitud abierta hacia el personal del CSN asignado al proyecto. Ello porque una actitud inadecuada puede crear múltiples retrasos y problemas con impacto significativo en el costo del proyecto.
- La formación previa del equipo que realiza el proyecto debe ser significativa antes del inicio del mismo. Los niveles de asesoramiento y control deben reducirse al mínimo imprescindible. La formación en temas novedosos, como sucesos externos o análisis de contención, es aún más importante. Ello porque es más importante contar con una buena "base" para la realización del proyecto que con múltiples niveles de asesoramiento y control.
- Debe estar prevista la utilización del APS y sus resultados en la forma-

ción de todo el personal de la central. Ello porque la incorporación del APS y sus resultados en el programa general de formación facilita la asimilación y utilización por gran parte del personal del explotador.

- Todos los participantes en la realización del APS (incluyendo los asesores) deben estar localizados de forma permanente en un único local con toda la documentación y material de soporte preciso. Ello porque en un proyecto tan complejo la coordinación es crucial y la situación física del personal participante es, por tanto, también crucial.
- La modelación de los sistemas para sus análisis debe realizarse hasta el nivel más bajo posible, distinto del utilizado en cálculo, y ambos deben documentarse adecuadamente. Ello porque un análisis inadecuado de sistemas puede dar lugar a conclusiones del estudio erróneas, con un impacto negativo en la seguridad.
- El asesor extranjero seleccionado debe tener una experiencia significativa como organización. El personal del asesor seleccionado debe ser de los más experimentados. Ello porque el asesor extranjero juega un papel fundamental en la transferencia de tecnología y en el uso de técnicas que reflejen el estado del arte, por lo que su experiencia práctica es esencial.
- Es fundamental que exista posibilidad de contraste de métodos y especialistas entre proyectos. Ello porque, dado que un APS no es un proceso tremendamente normalizado, un mecanismo importante que debe existir a nivel nacional es que al menos existan dos metodologías y varios expertos por tema, de forma que exista la posibilidad de contrastar metodologías, y los expertos tengan posibilidad de contrastar sus métodos de trabajo.

Una vez evaluadas las propuestas de los planes de proyecto de acuerdo a los elementos críticos anteriores, y aprobadas las mismas por el CSN, comienzan en sí oficialmente los proyectos de APS.

Como se ha indicado antes, la forma que el CSN está utilizando para la evaluación de los estudios, está siendo continua e interactiva, mediante la asignación directa de personal a las oficinas del Proyecto. De esta forma, el personal del CSN puede interaccionar directamente durante la realización del Proyecto, y las modificaciones originadas por su evaluación ir siendo incorporadas antes del final del mismo. Dadas las características de los proyectos de APS (larga duración, muchos recursos), una evaluación realizada por el CSN al final de los proyectos sería, en sí mis-

ma, también muy larga y consumidora de recursos, originando, por otra parte, modificaciones cuya incorporación al APS resultaría más dificultosa por tener que realizarse bastante después de la finalización del Proyecto.

Además, la experiencia está demostrando que esta forma de trabajar es beneficiosa para la propia calidad de los estudios, al poderse incorporar a los mismos la experiencia y puntos de vista de más personal de organizaciones españolas, el CSN en este caso.

Como consecuencia, y tal como se reconoce internacionalmente según lo indicado al principio de este apartado, el Programa Integrado, en general, y la forma de realización de las evaluaciones por parte del CSN en particular, se pueden considerar un acierto del CSN, siendo razonable que se continúe y favorezca la línea de trabajo seguida hasta el momento.

Así, esta forma interactiva de evaluar los APS ha sido considerada muy positiva en todos los foros internacionales en que se ha presentado y, por ejemplo, el equipo internacional OSART ("Operational Safety Review Team"), que realizó una sesión de auditorías a la CN Almaraz dentro de dicho programa del OIEA, destacó como buena práctica esta forma de realizar las evaluaciones de los APS por parte de los organismos reguladores.

BANCO DE DATOS

Una actividad muy importante para el desarrollo del Programa Integrado y para la mejor y más minuciosa cuantificación de los APS españoles, era la elaboración de un Banco de Datos Nacional en el que, una vez diseñado, se fuesen acumulando los datos operacionales reales de las centrales españolas que permitiesen realizar análisis estadísticos para estimar el valor de las probabilidades de los sucesos básicos que, con las pertinentes relaciones lógicas, conforman los modelos de los APS.

Al estar en operación un Banco de Datos de ese tipo, la cuantificación de esos sucesos básicos se correspondería de una forma más realista y objetiva con la estadística real de operación de centrales, sistemas y componentes. Las variables que más evidentemente se podrían cuantificar, tras el análisis estadístico de información del Banco de Datos, serían las frecuencias de sucesos iniciadores y las tasas de fallos, o probabilidades de fallo en demanda, de sistemas y componentes.

Con esa intención, el CSN requirió a las centrales nucleares la elaboración de ese Banco de Datos que se compondría, por tanto, de dos sistemas: El Banco de Datos de Incidentes Operativos (BDIO) y el Banco de Datos de Componentes (BDC). La información

necesaria para cuantificar frecuencias de sucesos iniciadores es de una naturaleza y enfoque bien distintos (BDIO) que la necesaria para cuantificar tasas de fallos (BDC).

Las centrales nucleares respondieron indicando que su organización conjunta, UNESA, era la que se iba a encarar de la realización de este Proyecto de Banco de Datos Nacional, al que denominó DACNE, con los dos subsistemas antes mencionados. El requerimiento del CSN se efectuó a continuación de la aprobación del Programa Integrado por el CSN en junio de 1986.

UNESA elaboró una Propuesta de Plan del Proyecto DACNE, que fue evaluada y aprobada por el Pleno del CSN en mayo de 1987. Según ese Plan, el Banco de Datos debería estar operativo en marzo de 1989.

La evaluación de las especificaciones y puesta en marcha del DACNE está siendo realizada por el CSN en paralelo al trabajo de UNESA, celebrándose reuniones de evaluación y comentarios tan pronto como se van transmitiendo al CSN las ediciones de los documentos de Proyecto. Especialmente importante resultó una reunión habida en diciembre de 1988 con el grupo de trabajo de UNESA, sus contratistas y los representantes de cada una de las centrales en el DACNE. Según se pudo apreciar, la homogeneización de la información a aportar a los bancos por cada central, así como el que se recoja toda, o al menos la mayor parte posible, de la información que la realización de los APS ha de necesitar, es uno de los mayores problemas del proyecto, puesto que es cada central, con sus distintos sistemas y organizaciones, la que se ha de adaptar a este sistema común de recogida de información.

No obstante, este nuevo sistema DACNE es valorado positivamente por la mayor parte de las centrales y es un proyecto clave para la calidad futura de los APS y de sus revisiones periódicas. En marzo de 1989 está previsto que el BDC esté implantado en cada central para iniciar un período de prueba. La estructura del BDC es básicamente la del Banco de Datos de Componentes de las Comunidades Europeas ("Component Event Data Bank", CEDB), al que el BDC español le supondrá el aporte de nuevos datos. Por otra parte, la conexión al CEDB pone a disposición de las entidades españolas datos de operación de otras centrales europeas. El BDIO será un banco de nuevo diseño que UNESA espera se pueda gestionar con ordenadores personales. Más adelante se decidiría sobre una posible conexión a algún banco de datos internacional. Se estudia la posibilidad de adaptar este banco a los requerimientos generales de información al CSN sobre sucesos operacionales,

lo que, en principio, no era objeto del Banco, cuyo requerimiento se refirió a la necesidad de información para los APS. Este nuevo posible objetivo aumentaría incluso más la utilidad de esta parte del proyecto DACNE.

El CSN, como condición del requerimiento, tendrá acceso directo a la información de los dos bancos para su uso en la evaluación de las cuantificaciones de los APS y la realización de los análisis estadísticos que estime convenientes. Todas las centrales españolas deberán ser suministradoras de datos a los dos bancos.

REGLAMENTACION Y GUIAS

Como se indicaba en el texto del Programa Integrado, los requerimientos de los APS se están haciendo de forma específica para cada central. No se ha decidido todavía el hacer de este tipo de requerimientos una generalización por medio de un Reglamento. A esta situación se podría llegar en el futuro si se diese una mayor normalización de las metodologías de los APS, y se decidiera sobre la utilidad de incorporar objetivos numéricos de seguridad como las *safety goals* de los EE. UU., o de organismos internacionales como el OIEA.

Si se puede prever la emisión en el futuro de alguna Guía para llevar a cabo o presentar algún análisis o aplicación de los APS. La metodología para evaluar probabilísticamente las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento, o cambios de las mismas, pudiera ser una de las primeras Guías en ese sentido, como actividad final de los trabajos de desarrollo metodológico que al respecto se están llevando a cabo en el CSN.

Una Guía sobre presentación de la información necesaria para evaluar cambios de diseño en base a análisis probabilistas pudiera resultar también muy conveniente en el futuro.

RELACIONES INTERNACIONALES

El mantenimiento de las necesarias relaciones internacionales para intercambio de información sobre los desarrollos metodológicos, y sobre el estado de los planes de trabajo en APS en los diferentes países, era el objeto de este punto del Programa Integrado. Resumiendo las relaciones y actividades realizadas a nivel internacional por el CSN en este campo hasta el momento, se pueden mencionar:

Organismos Internacionales

- Participación en el Grupo de Trabajo número 5 del CSNI, Comité de la AEN de la OCDE. Este grupo de trabajo está dedicado a la evaluación de riesgos, y tiene tareas en curso sobre la metodología de los APS,

objetivos cuantitativos de seguridad, evaluación probabilista de la actuación del ser humano, aplicaciones de los APS, evaluación probabilista de la actuación de la contención o sobre evaluación de programas de ordenador para mantener vivos los modelos de los APS, entre otras. España, por medio del CSN, forma parte de este grupo y de varios de sus subgrupos para tareas específicas. Así, la elaboración de un informe de la OCDE sobre el uso de los APS como ayuda a la gestión de la seguridad de las centrales nucleares ha sido uno de los hitos más importantes de este grupo de trabajo en los que la representación española ha colaborado.

- Participación en el Programa Interregional del OIEA, organismo de la ONU, sobre APS. Con participación en reuniones técnicas para la elaboración de guías o documentos técnicos, en cursillos, en sesiones de trabajo o en misiones de apoyo a países menos desarrollados. Una sesión de trabajo sobre Bancos de Datos, comités técnicos sobre bases de datos de fiabilidad y sobre programas de APS para ordenadores personales, un cursillo sobre evaluación probabilista de especificaciones técnicas, una misión de apoyo a la realización de un APS en Rumanía o la colaboración en la elaboración de una guía de procedimientos para llevar a cabo revisiones independientes de APS por medio de equipos patrocinados por el OIEA son algunas de las labores en que personal español, y más en concreto, del CSN, ha colaborado.
- Relaciones con los organismos de las Comunidades Europeas dedicados a trabajos relacionados con el APS. El intercambio de información relativo a los Bancos de Datos de las Comunidades Europeas, la participación en alguno de los cursos que las mismas organizan, así como la participación en alguna reunión sobre el desarrollo de los citados bancos han sido las actividades más importantes en este tipo de relaciones. Está previsto que el CSN sea, como usuario del Banco de Datos Nacional para componentes, usuario del Banco de Datos CEDB de dichas Comunidades. En ese sentido, el CSN ha sido el impulsor del futuro suministro de datos de las centrales españolas al mencionado banco europeo, al que dicho suministro va a significar un gran respaldo.

Organismos similares al CSN de otros países

- La NRC de los EE. UU. ha sido el organismo nacional con que se mantiene un contacto más estrecho.

Los acuerdos entre la NRC y el CSN para la cooperación en el mantenimiento de los niveles de seguridad de las instalaciones nucleares, y en trabajos de investigación necesarios para ello, son la base para la adquisición por el CSN de la información generada por la NRC, y viceversa. Así, la NRC conocía el Programa Integrado español sobre APS antes de la emisión de su Programa IPE ("Individual Plant Examination"). Dicho programa norteamericano ha venido a corroborar la conveniencia del anteriormente generado Programa Integrado español.

La NRC es el más importante soporte técnico del trabajo en APS del CSN, no sólo por la transmisión de los productos de sus programas de trabajo, sino también por la organización frecuente de reuniones de trabajo entre personal de las dos instituciones. Al respecto hay que mencionar la participación de personal de la NRC en varias sesiones de trabajo organizadas en España sobre Bancos de Datos y Especificaciones Técnicas. Asimismo, ha habido varias reuniones mantenidas en EE. UU. entre personal del CSN y la NRC.

- Otros organismos similares europeos con los que se mantiene intercambio de información y ha habido participación común en reuniones son el IPSN francés, el ENEA-DISP italiano, el SRD británico, el SKI sueco o el GRS alemán, entre otros. Todo este tipo de intercambios ha resultado útil para corroborar la conveniencia del Programa Integrado y la necesidad de aumentar los recursos asignados al mismo.

PLANES DE INVESTIGACION

El CSN tiene un acuerdo específico con la NRC para colaboración en diversos planes de investigación de dicha NRC. El Programa sobre accidentes severos es uno de los que más recursos ha recibido por parte del CSN. Dicho programa no se puede considerar actualmente plenamente incorporado al Programa Integrado español en APS, si bien que los resultados del mismo serán uno de los argumentos que se puedan valorar a la hora de elevar el nivel de los APS españoles hasta la estimación de consecuencias externas a la central, en caso de accidente severo, o al análisis probabilista de la actuación de la contención como paso previo. En ese sentido, la investigación en accidentes severos es útil para el Programa Integrado.

No obstante, en dicho acuerdo en investigación se introdujo un punto específico que es directamente aplicable ya al Programa Integrado. Ese es el punto específico por el que el CSN tiene acceso a los productos de los progra-

mas de la NRC sobre análisis de fiabilidad y riesgos, tanto en lo que se refiere a la documentación generada en los mismos, como en lo que se refiere a programas de ordenador desarrollados. Este último aspecto es importante para la puesta en marcha del sistema y herramientas informáticas necesarias para la evaluación independiente y la aplicación sistemática en el CSN, de aspectos relacionados con el modelado de los APS y su aplicación al trabajo diario.

La comprobación o validación de los métodos desarrollados en los programas de trabajo de la NRC, haciendo uso de datos de situaciones españolas, es otra posibilidad que el acuerdo recoge y que resultaría muy útil para la adquisición y asimilación de las metodologías en el CSN.

Hay que indicar que estos mismos trabajos de investigación de la NRC, y su asimilación en España, son la base de parte de otros programas de investigación sobre APS patrocinados por otras instituciones españolas, como UNESA. El CSN también ha puesto en marcha sus propios y específicos planes de investigación. El más avanzado es el programa APET ("Análisis Probabilista de Especificaciones Técnicas") contratado por el CSN con la Universidad Politécnica de Valencia. La primera fase del APET ha consistido en la asimilación de la metodología al respecto desarrollada por la NRC. La segunda fase ha de consistir en la validación práctica de dicha metodología, haciendo uso ya de datos y experiencias reales de centrales españolas. Como posibilidad final está el plasmar, si así se decide, la metodología en una Guía emitida por el CSN para indicar cómo se ha de realizar este tipo de análisis como soporte de modificaciones en los aspectos implicados de las Especificaciones Técnicas.

FOMENTO DEL PROGRESO TECNOLÓGICO

El objeto de este punto del Programa Integrado era el favorecer el progreso tecnológico en la industria nuclear española en general, mediante el fomento y el desarrollo de estas técnicas en España.

El CSN contactó con todos los grupos que en España conocía que estaban trabajando o tenían interés en la realización y aplicaciones de las técnicas de APS. Se elaboró una lista de contacto a la que normalmente se le envía información sobre hitos importantes, reuniones internacionales y, en general, todo lo que se estima importante. Ese es el caso de reuniones internacionales como las organizadas por el OIEA, por ejemplo, que son anunciadas normalmente a las personas de la lista de contacto.

El CSN ha participado en cursos y reuniones organizadas en España al respecto de los APS o temas afines, como el de los factores humanos. Tales son, por ejemplo, los cursos de APS organizados por el CIEMAT o diversas reuniones de la Sociedad Nuclear Española.

En la misma línea, existe la idea de organizar alguna reunión patrocinada por el CSN que sirva de foro para los que ya empiezan a ser numerosos profesionales españoles de las técnicas de APS. En esa reunión o similares se puede invitar a representantes de otro tipo de industrias, a las que la reciente adopción por España de la "Directiva Seveso" de las Comunidades Europeas afecta claramente, pues este tipo de análisis de riesgos se deberá extender a esas otras industrias potencialmente peligrosas.

RECLUTAMIENTO Y ENTRENAMIENTO DE PERSONAL

El título de este punto del Programa Integrado debería ser cambiado al más general de "Dotación de Recursos para el Desarrollo del Programa", puesto que no son sólo los humanos los recursos necesarios para el desarrollo con éxito del Programa.

En cuanto a los recursos humanos, el Programa Integrado preveía la necesidad de la formación de un grupo de seis personas para llevar a cabo lo programado en los dos primeros años. Para ello, a corto plazo, tras la aprobación del Programa, se debería haber contado con, al menos, la mitad del personal de ese grupo, y al cabo de dos años, es decir, a mediados de 1988, con todo el personal.

En la realidad, el ritmo de incorporación de personal no ha sido exactamente el previsto. En enero de 1989 se ha conseguido cumplir el objetivo previsto para ese plazo de dos años, pero hasta finales de 1987 el grupo de trabajo sólo contaba con dos personas. Después de la experiencia acumulada en la evaluación en continuo de dos APS españoles, el de la CN Santa María de Garoña y el de la CN Almaraz, se concluye que ese trabajo de evaluación ha de ser realizado directamente por personal técnico del CSN. El primero de los APS citados se evaluó por medio de contratación con una empresa consultora española, el segundo está siendo evaluado directamente. La diferencia en el conocimiento de todos los aspectos e hipótesis realizadas en el APS, así como la mayor confianza originada por ese mayor conocimiento de detalle, son la base para la conclusión de que es necesaria la forma de trabajo empleada en el APS de CN Almaraz. Así, también va a haber asignación directa de personal del CSN a los

APS comenzados recientemente, es decir, los de Ascó y Cofrentes.

Esta decisión ofrece una variante sobre lo previsto inicialmente, puesto que, cuando se redactó y aprobó el Programa Integrado, se pensaba que algunas evaluaciones de APS se deberían contratar por el CSN a empresas externas. Este tipo de contrataciones se estima ahora que es más útil para otro tipo de trabajo, relacionado con el desarrollo de aplicaciones, que para el de evaluación de los APS, ya que éste es la base de toda aplicación posterior y la confianza en lo adecuado de los modelos desarrollados en los APS, y de las hipótesis efectuadas en el mismo, es absolutamente básica para la realización posterior de cualquier aplicación de un APS. Este nuevo enfoque de la realización de las evaluaciones de los APS obliga a replantear la necesidad de recursos humanos.

La contratación de recursos externos ha sido también importante desde que se aprobó el Programa Integrado. Ha habido, como se ha indicado ya, contratación para la asimilación y desarrollo de metodologías para Análisis Probabilistas de Especificaciones Técnicas (proyecto APET), y también para la adquisición y formación en un paquete informático para la realización de APS en el ordenador CYBER que el CSN adquirió. Los dos contratos se pueden considerar positivos e importantes para las futuras actividades del CSN en APS.

La adquisición del ordenador CYBER fue un hito importante en cuanto a las posibilidades informáticas del CSN en APS. La misma era absolutamente necesaria, pues el programa de ordenador que se está utilizando hasta ahora en todos los APS españoles, el SETS, es ejecutable, en su versión pública, únicamente en ordenadores CDC-CYBER, con un sistema operativo antiguo. Recientemente, han aparecido versiones privadas ejecutables en otros ordenadores, pero con menor efectividad y a precio alto. Así pues, la decisión de la compra de ese ordenador fue básica para sentar las bases de una futura sistematización informática de los APS en el CSN.

No obstante, serán necesarios recursos informáticos adicionales, debido al hecho de que el SETS es un programa de gran capacidad que lo hace imprescindible durante la etapa de realización de los APS, pero que no es el más efectivo para una etapa posterior en que, en base a unos modelos ya desarrollados y aceptados, se pueden llevar a cabo aplicaciones de los APS. Para estas aplicaciones es más efectivo un ordenador personal, que esté comunicado con el SETS y con el ordenador de mayor capacidad, así como unos periféricos adecuados.

REALIZACION DE APS EN OTROS PAISES

Cuando se elaboró y aprobó en el CSN el Programa Integrado español sobre APS, en los años 1985 y 1986 respectivamente, los análisis de riesgos eran ya de realización y uso bastante asiduo en una serie de países entre los más desarrollados, que se ponían como ejemplo en el texto de dicho Programa Integrado como argumentos favorables a la puesta en marcha en España de un programa de este tipo.

No obstante, el número de APS, iniciados o finalizados, en el mundo desde aquellas fechas ha experimentado un incremento espectacular. Una de las razones que seguramente ha motivado este aumento es la ocurrencia del accidente de 1986 en la central de Chernobyl en la URSS, de la misma forma que el accidente de TMI-2 en 1979 fue el que aceleró el uso y desarrollo de la tecnología de APS en esos países más desarrollados con anterioridad.

Tanto el hecho de dichos accidentes, como la madurez alcanzada por las técnicas de APS, en especial en su Nivel 1, y la promoción y difusión de dichas técnicas y de la necesidad de la realización de análisis de riesgos en todas o la mayor parte de las centrales nucleares del mundo, que han adoptado como postura buen número de organizaciones internacionales, sobre todo el OIEA de las Naciones Unidas, han sido las causas que han impulsado de tal manera el desarrollo de los APS en el mundo.

Como muestra del gran número de centrales nucleares que ya han sido, o están siendo, objeto de la realización de APS, al menos en su Nivel 1, se listan las centrales analizadas en cada país en la tabla II. En dicha tabla falta algún APS que se está llevando a cabo en la URSS, y alguno que se va a iniciar en las centrales cubanas en construcción. También habría que añadir los planteamientos de APS sobre el diseño de reactores avanzados, reactores de gas y rápidos. Asimismo, también ha habido algún análisis de riesgos realizados para reactores no comerciales y otras instalaciones del ciclo de combustible.

Como se ve, la realización de APS ya es un hecho generalizado, tanto en países desarrollados como en desarrollo. Por tanto, conviene que el desarrollo de lo previsto por el Programa Integrado no vaya acumulando un retraso que eche a perder el adelanto que en sí significó en su día dicho programa español, anterior al accidente de Chernobyl y al impulso posterior de la realización de APS en todo el mundo.

Como ya se ha indicado, el creciente interés en la realización de análisis de riesgos en todo el mundo ha venido im-

T II APS EN REALIZACION, O TERMINADOS, EN EL MUNDO	
País	Número de centrales analizadas
1. Bélgica	1 PWR
2. Brasil	1 PWR
3. Bulgaria	1 VVER
4. Canadá	3 CANDU
5. Checoslovaquia	1 VVER
6. China	1 PWR
7. España	2 BWR 2 PWR (para 4 unidades)
8. Estados Unidos	
A) Patrocinados por la NRC	
RSS	1 PWR 1 BWR
RSSMAP	1 BWR 3 PWR 2 BWR 3 PWR
NUREG-1150	2 BWR 3 PWR
RMIEP	1 BWR
B) Patrocinados por el EPRI y compañías eléctricas	15 PWR 8 BWR
9. Finlandia	1 VVER (2 unidades) 2 BWR (2 unidades)
10. Francia	1 PWR (para 30 unidades) 1 PWR (para 20 unidades)
11. Holanda	1 PWR 1 BWR
12. Hungría	1 VVER
13. Italia	1 PWR 2 BWR 1 GCR
14. Japón	1 PWR (diseño de referencia) 1 BWR (3 unidades) 1 PWR (genérico) 4 BWR (futuro reactor) 1 PWR (futuro reactor) 1 BWR
15. Méjico	1 VVER
16. Polonia	1 PWR (diseño de referencia)
17. Reino Unido	1 AGR 1 GCR
18. República Democrática de Alemania	1 VVER
19. República Federal de Alemania	4 PWR (para 6 unidades) 1 BWR 1 FBR
20. Rumanía	1 CANDU
21. Suiza	2 PWR (para 3 unidades) 2 BWR
22. Yugoslavia	1 PWR

pulsado por la actitud de la mayor parte de los organismos internacionales relacionados con la energía nuclear. Así, el OIEA emitió en 1988 un documento del "International Nuclear Safety Advisory Group" (INSAG), grupo de trabajo establecido por dicho organismo para aglutinar las posturas y principios internacionales en lo relativo a la seguridad nuclear. Dicho informe, de referencia IAEA Safety Series número 75-INSAG-3, y título "Basic Safety Principles for Nuclear Power Plants", pone

énfasis en la realización de análisis de riesgos y en el establecimiento de objetivos de fiabilidad y de seguridad dentro de las líneas o principios básicos que deben seguir las centrales nucleares en lo relativo a su seguridad. Dicho INSAG ha llegado a proponer unos objetivos cuantitativos de seguridad, o *safety goals*, en dicho informe, consistentes en una frecuencia de accidentes con daño al núcleo que debería ser menor de 1.00 E-4 por año de operación de cada central existente en la actuali-

dad, y menor de 1.00 E-5 por año de operación de cada central futura. Dicha frecuencia, se indica que debería bajar un orden al menos de magnitud si se refiere a la frecuencia de accidentes que, además de suponer un daño al núcleo, puedan producir grandes liberaciones de productos de fisión al exterior de la central.

Aunque ha sido el OIEA la organización que a nivel mundial más énfasis está poniendo en la realización de análisis de riesgos, favoreciendo incluso la transferencia de esa tecnología a los países con reactores nucleares diseñados dentro de la órbita de la URSS, y reconociendo con ello que la seguridad de las instalaciones nucleares es un objetivo a nivel mundial, son en general todas las organizaciones internacionales las que promocionan este tipo de análisis.

Por ejemplo, la OCDE de los países desarrollados, en los que la realización de APS ya era bastante generalizada antes de Chernobyl, también apoya la realización de análisis de riesgos a través de su agencia para la energía nuclear y su comité para la seguridad de las instalaciones nucleares, CSNI. Este apoyo ya no es sólo por el hecho de evaluar el riesgo de todas las instalaciones nucleares, sino porque se reconoce que los APS pueden servir de medio de ayuda generalizado para la propia gestión de la operación y la seguridad de las centrales en el día a día de su operación.

En la tabla anterior ya se aprecia la gran cantidad de APS en realización en el mundo. No obstante, como ya se indicaba en el texto del Programa Integrado, el país con más centrales nucleares en operación, los EE. UU., todavía no se había decidido a requerir la realización de este tipo de análisis a cada una de sus centrales individuales. La necesidad de unos grandes recursos en la industria nuclear y en el organismo regulador de los EE. UU. parecía ser lo que iba retrasando esa decisión de la NRC.

Como último paso antes de tener que tomar la decisión del requerimiento generalizado, la NRC puso en marcha el proyecto del NUREG-1150, "Reactor Risk Reference Document" en el que se analizaron los riesgos de cinco centrales norteamericanas correspondientes a los tipos de diseños diferentes de reactores y de recintos de contención de las centrales en operación en dicho país. El sexto tipo se analizó en el APS del "Risk Methods Integration and Evaluation Program" (RMIEP), donde se utilizaron los métodos más avanzados y detallados para el Nivel 1. La metodología del RMIEP, en lo relativo al Nivel 1, y la del NUREG-1150, en lo relativo al Nivel 2 y al 3, representan actualmente la vanguardia en cuanto a la tecnología de APS.

No obstante, la consecuencia generalizada de dichos estudios es que la mayor parte de las conclusiones de los mismos no se pueden extrapolar de central a central, ni siquiera entre las del mismo tipo. El riesgo de cada instalación es principalmente específico de cada una de ellas. Con este concluyente argumento, la NRC se terminó de decidir a requerir la realización de estudios individuales a cada una de las alrededor de cien centrales de los EE. UU.

Esto lo ha hecho a finales de 1988 mediante la emisión de una Carta Genérica a las centrales norteamericanas. El plan de trabajo IPE, "Individual Plant Examination", se recoge como anexo a dicha carta y en el borrador del NUREG-1335. La NRC requiere básicamente la realización de un APS de Nivel 1, con varias opciones metodológicas, más la consideración del análisis del comportamiento de la contención y del análisis de los términos fuente de una forma más simplificada que en el citado NUREG-1150. No se consideran en esa metodología IPE las consecuencias fuera del emplazamiento, o Nivel 3.

El objetivo de la NRC con este programa IPE es el comprobar una por una la adecuación de la seguridad de las centrales norteamericanas, para verificar, además, el cumplimiento de los objetivos de seguridad emitidos en 1986 por dicha NRC, que han resultado ser coherentes, si bien que menos explícitos, con los objetivos del OIEA referidos antes. Se observa en dichos objetivos de la NRC, que en 1986 se referían a muertes y enfermedades, es decir, a consecuencias radiológicas, un mayor énfasis actual en la frecuencia de escapes de radionucleidos al excluir el Nivel 3 de la metodología IPE. Los objetivos del OIEA tampoco hacen referencia a consecuencias radiológicas.

FUTURAS ACTIVIDADES

Como resumen y conclusión de todo lo contenido en los apartados anteriores, se pueden esquematizar a continuación las actividades del Programa Integrado que habrá que realizar a corto plazo, así como algunas modificaciones que se deberían hacer a aspectos del mismo.

Requerimientos de análisis

Para que las centrales nucleares que aún quedan por ser requeridas en la realización de sus APS no caigan en retrasos excesivos en la preparación de sus proyectos, habrá que recordarles, por carta, la necesidad de ir dando los pasos previos de preparación del APS y de formación de su personal.

- Se acelerará el ritmo de los requerimientos.
- Se analizará y decidirá sobre la posible ampliación de próximos APS al análisis de la contención y de términos fuente (Nivel 2). Esa posible ampliación se haría según la metodología simplificada del plan de trabajo IPE de la NRC, en lo relativo a esos temas. En lo relativo al Nivel 1, los requerimientos seguirían en la línea de los anteriores APS.
- El resto de los aspectos, además de los indicados en el párrafo anterior, a ir incluyendo escalonadamente en el resto de los APS españoles, serán los riesgos en modos de operación distintos al de potencia y los riesgos de otros sucesos externos, como seísmos, transporte o caídas de aviones.
- La intención es la de poder finalizar la primera versión de los APS españoles en el año 1992.

Banco de Datos

- Los dos Bancos de Datos, de sucesos operacionales y de componentes, habrán de estar operativos en 1989.
- Se realizará una evaluación detallada de todos los aspectos del diseño de ambos sistemas.
- El CSN tendrá acceso a ambos bancos.
- Se realizará la necesaria formación de personal del CSN para ser usuario de ambos sistemas.
- Los dos bancos recogerán información de todas las centrales españolas.

Reglamentación y Guías

- No se prevé la elaboración de un Reglamento al respecto a corto plazo.
- Es posible que, a medio plazo, se elaboren Guías sobre aspectos concretos.

Relaciones internacionales

- Se mantendrá la colaboración con el OIEA, en su Programa Interregional sobre APS, mediante participación de personal del CSN en cursos, comités técnicos, grupos de trabajo, reuniones, congresos y misiones de evaluación independiente de APS de otros países que organice el OIEA, y así lo solicite dicho organismo.
- Se seguirá participando en el Grupo 5 del CSNI sobre análisis de riesgos, con participación en las reuniones de trabajo de dicho grupo, y colaborando en varias de sus tareas concretas, como la de análisis de herramientas y procedimientos para mantener los APS vivos y aplicables a diversos aspectos de la seguridad operacional de las centrales nucleares.
- Se mantendrá la cooperación y el

estrecho contacto con los grupos de trabajo en APS de la NRC.

- Se mantendrán y aumentarán las relaciones con otras organizaciones internacionales, como la Comisión de las Comunidades Europeas, y los organismos nacionales sobre regulación de la seguridad nuclear en otros países.

Planes de investigación

- Se mantendrá el acuerdo de colaboración al respecto con la NRC, en su punto relativo al análisis de riesgos.
- Siguiendo dicho acuerdo, se podrá solicitar a la NRC apoyo en la evaluación de los APS de Nivel 2, si finalmente se decide requerir análisis en ese sentido en futuros APS.
- Se establecerán proyectos concretos de colaboración con la NRC que desarrollen más el punto del acuerdo a que se hace relación en el primer párrafo. Proyectos relativos a fiabilidad humana, y validación de métodos desarrollados al respecto en programas de investigación de la NRC, pudieran ser los más adecuados.
- Se mantendrán programas propios de investigación y desarrollo, como el acabar el proyecto APET sobre Especificaciones Técnicas, el de-

sarrollar los programas informáticos necesarios para establecer una estructura informática para evaluación y aplicación de APS en el CSN, o el establecer programas de investigación sobre nuevas aplicaciones.

- Se analizará la posibilidad de establecer algún programa de investigación y desarrollo para elaborar objetivos cuantitativos españoles para la seguridad de las instalaciones nucleares. Los objetivos internacionales como los establecidos por el OIEA pudieran ser una base de partida. Los mismos se basan en los resultados sobre frecuencia de accidentes que ofrecen los APS de Niveles 1 y 2.
- Se asesorará a otros programas de investigación españoles, como los de UNESA y el CIEMAT, si así se solicita al CSN.
- Se evaluarán esos otros programas de investigación españoles, si los resultados de los mismos se piensan incorporar en los APS reales de las centrales.

Progreso tecnológico

- Se patrocinarán o se colaborará en la organización de reuniones a nivel nacional, o internacional con organización española, en las que se favorezca el intercambio y la discusión

sobre todos los aspectos de los APS.

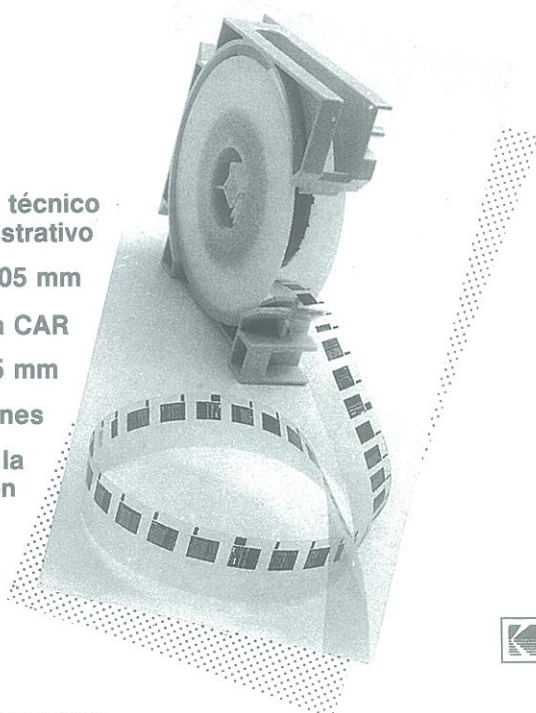
- Se facilitará información a otros organismos españoles, si así se solicita al CSN, sobre metodologías de trabajo de análisis de riesgos que favorezcan la implantación en España de la "Directiva Seveso" de las Comunidades Europeas.
- Se participará en cursos y congresos nacionales cuando la organización de los mismos así lo solicite al CSN.

Dotación de recursos para el desarrollo del Programa Integrado

- Se propondrá la modificación del título de este punto 3.7 del Programa Integrado, que en la versión actual del mismo es "Reclutamiento y Entrenamiento de Personal".
- Dado que básicamente se han cumplido los objetivos de este punto, de cara al futuro próximo habrá que elaborar una propuesta de renovación del mismo.
- Como mecanismo básico de reclutamiento y formación previa de nuevo personal, o como recursos humanos adicionales, se seguirá utilizando el mecanismo de concesión de becas para asistencia a cursos y realización de análisis y estudios de aspectos concretos.

La Técnica de la Microfilmación

- Microfilm convencional: técnico y administrativo
 - 16 mm, 35 mm, 105 mm
- Sistema CAR
 - Copias: 16 mm, 35 mm, 105 mm
 - Reproducciones
 - Tratamiento de la documentación
- Consulting y asesoramiento de equipos
- Distribuidores de Kodak



Servicio de Microfilmación-Consumibles.

Paravincos, 9. 28039 MADRID. Teléf. (91) 459 32 62-459 30 78.

REFERENCIAS

Central Nuclear Almaraz • Central Nuclear Ascó • Central Nuclear Trillo • Central Nuclear Valdecaballeros • Construcciones y Contratas • Dragados y Construcciones • Empresa Nacional de Electricidad • Empresa Nacional del Uranio • Empresarios Agrupados SAE • Hidroeléctrica Española • Initec • Intecsa • Técnicas Reunidas • Unión Eléctrica Fenosa • etc.