



Francisco José LOPEZ GARCIA es Ingeniero Industrial del ICAI (1981) y Master en Administración y Dirección de Empresas por el ICADE. En 1983 ingresó en ARTHUR ANDERSEN & CO., como Analista Programador. Desde 1984 desempeña sus actividades en HIDROELECTRICA ESPAÑOLA, en el Departamento de Ingeniería y Análisis Nucleares, donde ha desarrollado, entre otras, labores de coordinación y supervisión durante la fase de Pruebas Nucleares de CN Cofrentes. Participó, como Jefe de Proyecto, en la elaboración de una aplicación informática de automatización de recogida de datos y programas de recarga, y posteriormente desarrolló diversas actividades como Ingeniero de Sistemas, siendo el responsable de la implementación de varias modificaciones de diseño durante la tercera y cuarta recargas de combustible. Actualmente desempeña, además, la labor de Jefe de Proyecto en el Análisis Probabilista de Seguridad de CN Cofrentes.



Joaquín SUAREZ ALONSO es Ingeniero de Minas por la Universidad de Oviedo (1986) y Diplomado en Ingeniería Nuclear por el CIEMAT (1987). En 1987 ingresó en INITEC, donde ha trabajado en la Unidad Nuclear, desarrollando su actividad en diversos proyectos (QUERCUS, FUA, EL CABRIL) y análisis de fiabilidad e impacto radiológico. Tras un breve paso por FOSTER WHEELER GV se incorpora, en 1988, a HIDROELECTRICA ESPAÑOLA, donde desempeña su labor en el Departamento de Seguridad Nuclear. En la actualidad está asignado, como Jefe Adjunto del Proyecto, al Análisis Probabilista de Seguridad de CN Cofrentes.

ANALISIS PROBABILISTA DE SEGURIDAD PARA CN COFRENTES

F. J. LOPEZ GARCIA - J. SUAREZ ALONSO

INTRODUCCION

En febrero de 1989, el Consejo de Seguridad Nuclear requiere de Hidroeléctrica Española la realización de un Análisis Probabilista de Seguridad, de Nivel 1, para la Central Nuclear de Cofrentes.

Cofrentes inició la operación comercial en marzo de 1985, y tiene las siguientes características técnicas:

- Reactor de agua en ebullición BWR 6, suministrado por GE.
- Contención tipo Mark III.
- Potencia Térmica nominal: 2.894 MWt.
- Potencia Eléctrica bruta: 976 MWe.
- Caudal Nominal de vapor: 5.652 ton/h.

El 9 de febrero de 1989 el CSN daba su aprobación al Plan de Proyecto del APS, en el cual se definía el programa de actividades del mismo, estructurado en dos fases:

Fase I (julio 88-abril 89). Comprende del período de formación, redacción de procedimientos y constitución de las oficinas del proyecto, así como la Tarea de Familiarización con la Planta (Documentación de Proyecto, Definición de Sistemas Frontales y Soportes, Criterios de Exito, Sucesos Iniciadores, Dependencias, Base de Datos genérica, preparación de la Base de Datos específica, Revisión Interna y puesta a punto de la aplicación informática).

Fase II (abril 89). Engloba las actividades de ejecución, revisión y documentación de las tareas que componen el APS, y que finalizan con la redacción del Informe Final del Proyecto.

Para asegurar la integración del análisis y sus resultados en la organización

de Explotación y Apoyo a la central, así como disponer en el equipo de personas con experiencia en la operación de los sistemas, HE incorpora al grupo de trabajo:

- El personal propuesto en el Plan de Proyecto, cubriendo las tareas básicas: Jefatura de Proyecto, Revisión de Planta, Análisis de Sistemas y Jefatura de Garantía de Calidad.
- Personal de CN Valdecaballeros, con experiencia operacional, apoyando al personal de Cofrentes en otras tareas. Al mismo tiempo su participación les permitirá aprovechar las experiencias que obtengan de forma que reviertan en su propia central.

Se unen al equipo descrito personal de Empresarios Agrupados y UITESA con experiencia tanto en la realización de APS como en el diseño de sistemas, muchos de ellos para CN Cofrentes.

En conjunto, se presenta una organización con garantías de alcanzar los objetivos propuestos, los cuales se describen a continuación.

OBJETIVOS Y ALCANCE DEL APS DE CN COFRENTES

Los objetivos a alcanzar con el Análisis Probabilista de Seguridad de CN Cofrentes son los siguientes:

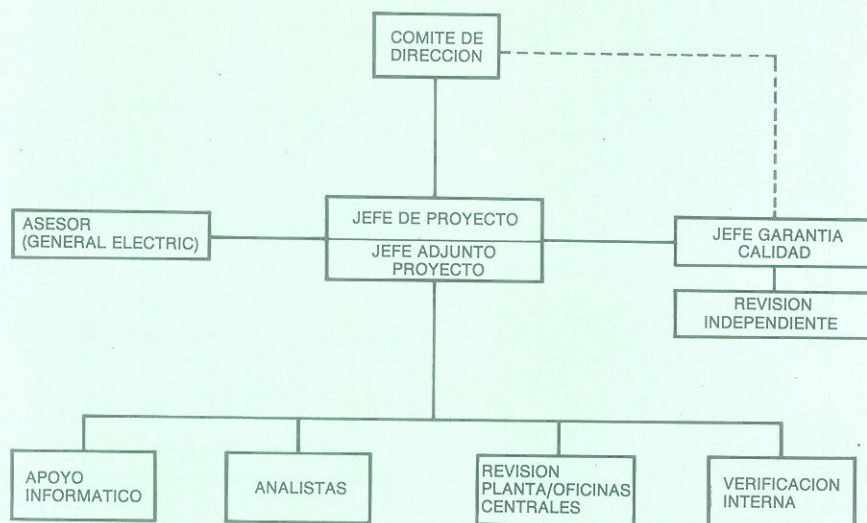
- Identificar los tipos más probables de secuencias de sucesos que podrían conducir a una situación de deterioro o fusión del núcleo del reactor.
- Identificar y analizar de forma más detallada, aun no estando dentro de

las más probables, las secuencias de sucesos que constituyan accidentes de pérdida de refrigerante del núcleo a través de sistemas que atraviesan la contención.

- Analizar la fiabilidad de los sistemas de extracción de calor y del de aislamiento de la contención para realizar sus funciones cuando sean requeridos, en caso de diferentes sucesos iniciadores de posibles secuencias de accidente.
- Analizar y estimar la probabilidad de posibles modos de fallo de la contención, debidos a fallos de sistemas o componentes de la misma que pudieran originar, con posterioridad a esos posibles fallos, situaciones de daño al núcleo del reactor.
- Detectar los aspectos más débiles de la seguridad y que contribuyan más a la probabilidad de ocurrencia de accidentes con daño al núcleo.
- Estimar la probabilidad por año de ocurrencia de accidentes con daño al núcleo.
- Proponer mejoras en los procedimientos, prácticas operativas o en el diseño en los aspectos identificados como contribuyentes significativos a la probabilidad de ocurrencia de accidentes con daño al núcleo, cuando sea preciso, en base a unos objetivos de seguridad y cuando sea aceptable desde un punto de vista coste-beneficio.
- Estimar la probabilidad de ocurrencia de situaciones con daño al núcleo del reactor debido a la declaración y propagación de incendios en el interior de la central.
- Analizar la posibilidad y estimar la probabilidad de ocurrencia de situaciones con daño al núcleo del reactor debidas a inundaciones originadas tanto por fuentes internas como por fuentes externas a la Central.
- Dotar a la planta, tras la realización del APS, de un modelo de la central y de unas técnicas analíticas susceptibles de ser utilizadas para diferentes aplicaciones y en la toma de decisiones sobre aspectos de operación o requisitos de licenciamiento.
- Hacer participe al personal de Explotación y Apoyo de la Central en el desarrollo, hallazgos y líneas de futura aplicación del estudio, de tal manera que les permita en el futuro revisar el APS.
- Mejorar la disponibilidad de la Central, modelando los sistemas críticos.
- Permitir la futura ampliación del alcance del APS.

De acuerdo con lo requerido por el CSN, el alcance del trabajo a efectuar comprende, en resumen:

- APS, Nivel 1, con la consideración de análisis de riesgo de incendios e inundaciones internas y externas, identificando y analizando de forma



F I Organización del proyecto de análisis probabilista de seguridad CN Cofrentes

más detallada, aun no estando dentro de las más probables, las secuencias que constituyen accidentes de pérdida de refrigerante del núcleo en sistemas que atraviesan la contención.

- Análisis de fiabilidad de los sistemas de extracción de calor y de aislamiento de la contención.
- Análisis de los sistemas o componentes que pudieran provocar un fallo de la contención con posterior daño al núcleo.

ORGANIZACION

En la figura 1 se recoge el esquema de Organización del Proyecto.

COMITE DE DIRECCION

Integrado por el siguiente personal de HE:

- Subdirector de Producción Nuclear.
- Jefe del Departamento de Ingeniería y Análisis Nuclear.
- Jefe del Centro de Producción CN Cofrentes.
- Jefe del Departamento de Seguridad Nuclear.

Sus funciones son dotar al proyecto de los recursos necesarios, aprobar los contratos, asegurar que los objetivos y el alcance se cumplen según programa, y coordinar la participación del personal de la Subdirección cuando sea necesario.

JEFATURA DE PROYECTO

El Jefe de Proyecto y Jefe Adjunto pertenecen a la organización de HE. Su función es dirigir el grupo de trabajo, coordinar tareas, definir criterios y aprobar los informes generados. Son responsables de la revisión interna y de la revisión de planta. Serán interlocutores directos del asesor en el APS de Cofrentes.

JEFE DE GARANTIA DE CALIDAD

El Jefe de Garantía de Calidad verificará que se cumple el Programa de Control de Calidad.

Para ello supervisará los procedimientos, la verificación interna y de planta, organizará auditorías y coordinará la revisión independiente.

El Jefe de GC pertenece a la organización de HE-Explotación.

VERIFICACION INTERNA

Todos los documentos generados por el Grupo de Trabajo serán revisados por dos analistas de UITESA, asignados al proyecto, para garantizar la calidad técnica del estudio.

REVISION INTERNA POR HE

Personal de HE perteneciente a Ingeniería, Operación, etc., revisará los informes realizados para asegurar que reflejan el comportamiento real de la central, y transmitir los resultados a la

APS DE CN COFRENTES. DESCRIPCION DE TAREAS

1. FAMILIARIZACION CON LA PLANTA	2. DELINEACION DE SEC. DE ACCIDENTE	3. ANALISIS DE SISTEMAS	4. ANALISIS DE FIABILIDAD HUMANA
Objetivos principales de la tarea: a) Determinación de grupos de Sucesos Inicia- dores (LOCAs y Transitorios) aplicables a C.N. Cofrentes. b) Lista de Sistemas Frontales y Soporte in- plicados, previa definición de las Funcio- nes de Seguridad requeridas. c) Determinación de los Criterios de Éxito aso- ciados a cada sistema de mitigación. d) Identificación de dependencias entre siste- mas frontales y sistemas soporte.	Una vez identificados los sistemas/funciones requeridos para hacer frente a cada grupo de sucesos iniciadores se elaborarán los árboles de sucesos utilizándose en nuestro caso la aproximación de unión de árboles de fallos. Según ésta las cabeceras del árbol de sucesos a desarrollar están constituidas por sistemas frontales, de manera que una determinada se- cuencia está formada por la intersección de los modelos lógicos de los árboles de fallos asociados a los criterios de éxito/fallo de cada sistema.	Niveles de modelización: a) Modelización completa y detallada de los sistemas frontales y algunos soporte. b) Modelización parcial y detallada de los sis- temas soporte. Solo la parte que se requie- re como soporte de los sistemas principales modelizados. c) Modelización en bloques de aquellos siste- mas que normalmente no suelen modelizarse, al asignarles un valor genérico de indispo- nibilidad. Esta modelización incluirá blo- ques de componentes principales y las depen- dencias funcionales de los mismos.	Con el fin de implementar de la forma más ade- cuada posible la modelización de las acciones humanas en el APS se desarrollarán de forma es- quemática las siguientes etapas: 1. Aplicación de las metodologías SHARP, reco- mendada por el NUREG/CR-2815, Rev. 1. 2. Cuantificación de las probabilidades de error asociadas a las acciones humanas, me- diante el modelo HCR, las tablas del NUREG/CR-1278, y NUREG/CR-4772, datos espe- cíficos y/o modelos de cuantificación alter- nativos. 3. Realización de análisis de sensibilidad e incertidumbre.
5. BASE DE DATOS	6. FALLOS DEPENDIENTES Y DE CAUSA COMUN	7. CUANTIFICACION DE SECUENCIAS	8. EVALUACION DE LA CONTRIBUCION AL RIESGO
La Base de Datos del Proyecto estará constitui- da tanto por datos genéricos (suministrados en su mayoría por General Electric. Co.) como por datos específicos de planta. Se estructurará en tres archivos básicos - Base de Factores - Base de Parámetros - Fichero de Probabilidades Los datos específicos de planta se obtendrán mediante un tratamiento bayesiano de los datos disponibles en C.N. Cofrentes.	Clasificación basada en el NUREG/CR-2300: a) Dependencias de iniciadores de causa común b) Dependencias entre sistemas c) Dependencias entre componentes Definiendo para estas dos últimas cuatro sub- categorías: - Dependencias funcionales - Dependencias por sistemas compartidos - Interacciones físicas - Interacciones humanas	Una vez obtenidas las ecuaciones booleanas re- ducidas de secuencias de accidentes, el proce- so de cuantificación se llevará a cabo en dos etapas: - Cuantificación previa. No se tiene en cuen- ta la posible recuperación de fallos de com- ponentes, y se aplica un criterio conserva- dor a los errores humanos. - Cuantificación final. Se seleccionan las se- cuencias de accidentes que resulten dominan- tes y se efectúa un estudio detallado de los errores humanos, a la vez que se incor- poran el resto de datos específicos de plan- ta obtenidos.	Técnica de propagación de incertidumbres de Montecarlo; tratamiento más realista de las mis- mas. Además del código SAMPE-E para el análisis de incertidumbre se utilizarán en la medi- da de lo posible los códigos TEMAC Y HCL. Análisis de sensibilidad de los efectos sobre la frecuencia de daño al núcleo de modificacio- nes en valores de los parámetros empleados, in- cluyendo errores humanos, fallos de causa común y acciones de recuperación, entre otros. Mediante el código IMPORTANCE se evaluarán me- diante de importancia para la frecuencia de daño al núcleo, grupos de secuencias de accidentes, secuencias de accidente dominantes e indisponi- bilidad de sistemas.
9. ANALISIS DE INCENDIOS	10. ANALISIS DE INUNDACIONES	11. FIAB. DE LOS SISTEMAS DE EXTRACCION DE CALOR Y DE AISLA. DE LA CONTENCIÓN PRIMARIA	
La metodología a utilizar se estructurará en 3 etapas: - Análisis de peligros, que incluye la evaluación de la fre- cuencia de ocurrencia del incendio y su propagación, expre- sadas como una función del nivel de peligro producido por la aparición del incendio. - Análisis de fragilidad, que incluye la identificación del posible daño a la planta que se origina para cada nivel de peligro que se considera. - Árboles de sucesos y cuantificación de secuencias de acci- dentes, evaluando la probabilidad condicional de fusión del núcleo para cada estado de daño a la planta. Proceso de selección sistemática de áreas críticas y posterior análisis de detalle.	- Análisis preliminar de áreas de la planta que podrían contri- buir significativamente a la frecuencia de fusión del núcleo, en caso de inundación. Posterior análisis de fuentes y fre- cuencias de inundación en cada área seleccionada. - Segundo nivel. Estudio de más detalle de áreas potencialmente importantes, según el análisis previo. - Tercer nivel. Se refinan las hipótesis sobre los "efectos del caso peor de inundación", y se determinan las probabili- des e impactos asociados de cada etapa intermedia. - Cuarto nivel. Evaluación cuantitativa de los caminos de propa- gación de inundaciones entre áreas. - Adición de frecuencias de secuencias de accidente inducidas para cada escenario de inundación.	El criterio de éxito de estos sistemas para realizar sus fun- ciones si son requeridas dentro del alcance del APS Nivel 1. en caso de diferentes sucesos iniciadores de posibles secuen- cias de accidente, se definirán teniendo en cuenta los cálcu- los del proyecto existentes (p.ej.: capacidad última de la contención, análisis de selvaguardia, etc.) o bien en su defec- to adoptando hipótesis conservadoras de modelización basadas en otros APS. Se analizarán las secuencias de fallo de contención previas al fallo del núcleo para identificar los sistemas y componen- tes que intervienen y que su fallo produce el de la conten- ción.	