



Jorge MARTÍN ALVAREZ es Ingeniero de Minas por la ETSIM de Madrid (1978), realizando estudios de postgraduado en Tecnología Nuclear en el ICAI (1980-1981).

Entre 1979 y 1981 desarrolla su trabajo en el Departamento de Mecánica Aplicada de Empresarios Agrupados. En 1981 se incorpora a Unión Eléctrica Fenosa, S. A., siendo responsable del área de Ingeniería Eléctrica y de Instrumentación y Control de Producción Nuclear, cargo que desempeña hasta 1989. Desde 1989 hasta la fecha ocupa el puesto de Jefe de Licenciamiento de Producción Nuclear de Unión Fenosa.

Desde 1988 ha participado ampliamente en actividades de Gestión de Vida Remanente (GVR), siendo responsable del Plan de GVR para la C. N. José Cabrera.

GESTION DE VIDA REMANENTE

C. N. JOSE CABRERA

J. MARTIN

La C. N. José Cabrera se conectó por primera vez a la red eléctrica nacional en julio de 1968, comenzando su operación comercial en el año 1969. Esta central se diseñó y construyó en los años sesenta, aplicando las normas de seguridad, tanto españolas como del país de origen del proyecto, en aquel tiempo vigentes.

Ya en los primeros años de operación, a lo largo de los años setenta, se realizaron algunas mejoras relacionadas con nueva normativa de seguridad, y fundamentalmente en el área de residuos. Asimismo, en estos años se comienzan a plantear modificaciones de mayor alcance en relación con los sistemas de Refrigeración de Emergencia del Núcleo y de Alimentación Eléctrica de Emergencia. Con el paso del tiempo la normativa fue variando, y en el año 1977 el organismo regulador americano "U.S. Nuclear Regulatory Commission" (USNRC) inició un programa para la revisión de los diseños de las centrales más antiguas, con el fin de confirmar y documentar su seguridad. Este programa se denominó "Systematic Evaluation Program" (SEP). En el año 1979 se produjo el accidente de la C. N. de la Isla de las Tres Millas (TMI), lo que motivó la puesta en vigor de nuevos criterios de seguridad.

Como consecuencia de lo anterior, Unión Fenosa decidió iniciar a finales de 1979 una evaluación de la C. N. José Cabrera donde se contemplaron todos los temas del programa SEP, los requisitos, consecuencia del accidente de TMI, y otros temas específicos. Dicha evaluación concluyó con la identificación de una serie de modificaciones a realizar para mejorar la seguridad.

La evaluación detallada de la central, diseño de las modificaciones y su realización se extiende hasta finales de 1985, con dos largas paradas para implementar las modificaciones.

En octubre de 1985 se da por finalizado el programa de modificaciones de la C. N. José Cabrera resultado del SEP, y

comienza un programa continuo de modificaciones, que se ejecuta en las sucesivas paradas para recarga del combustible.

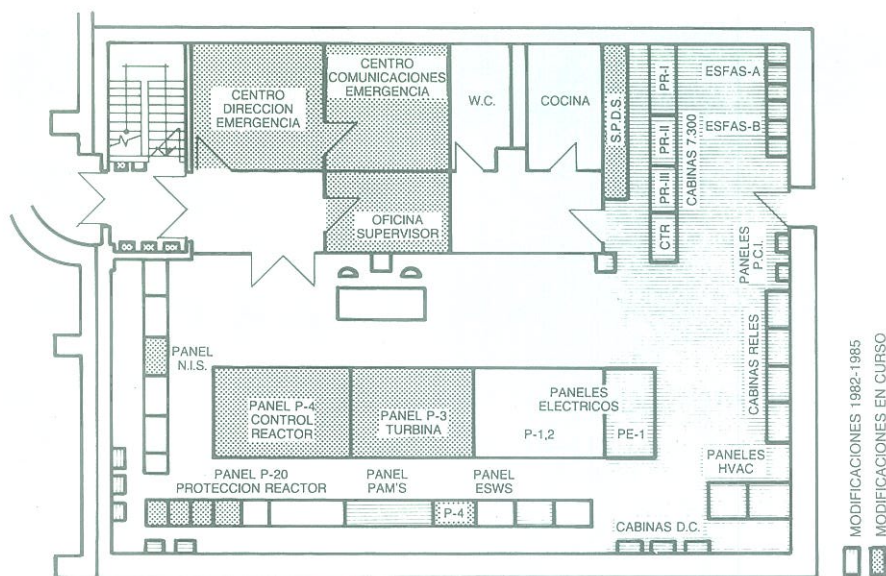
En el área concreta de Instrumentación y Control (I & C) se inicia, en 1989, un programa de sustitución y mejoras, cuya finalización está prevista para 1994, originado por la necesidad de sustituir sistemas de I & C que comenzaban a presentar problemas de mantenimiento por falta de repuestos tras 20 años de operación. Además, se pretende con estas modificaciones un mayor cumplimiento con los requisitos vigentes de normativa.

A finales de los años 80 se realizan para la C. N. José Cabrera los primeros estudios de viabilidad de "extensión de vida", tanto desde el punto de vista técnico como económico. La conclusión de dichos estudios lleva a considerar como razonable al menos la vida de 40 años, correspondiente a la teórica de diseño. La decisión sobre los programas de modificaciones y el alcance de las sustituciones se ha tomado teniendo en cuenta las expectativas de vida de la central.

EL CONCEPTO DE GESTION DE VIDA REMANENTE EN LA C. N. JOSE CABRERA

El objetivo de la C. N. José Cabrera es el de realizar una buena gestión de su vida de diseño, con el fin de poder alcanzar ésta o en su caso superarla, siempre en condiciones de máxima seguridad, fiabilidad y disponibilidad. Este objetivo indicado es, evidentemente, común a otras centrales, pero no así las acciones a llevar a cabo para alcanzarlo.

Son enormemente diversas y amplias las acciones hoy recomendadas a llevar a cabo sobre una central nuclear dentro de un Programa de Gestión de Vida Remanente. La particularidad de cada



F I Sala de Control.

central ha de llevar, tras un detenido análisis, a dar prioridades a unas sobre otras, y, en definitiva, a cometer aquéllas que contribuyen más directamente a alcanzar el objetivo antes indicado.

La C. N. José Cabrera es una central de la 1.ª generación, diseñada y construida en los años sesenta, antes del gran desarrollo de la normativa específica nuclear, por lo cual se utilizó en gran parte normativa industrial acompañada en general de un gran conservadurismo, que dio en algunos casos lugar a un sobredimensionamiento de equipos. Lo anteriormente indicado marca en gran medida el futuro y la vida de la central desde dos puntos de vista:

Por un lado, para alcanzar la vida de diseño de la central es necesario un amplio programa de modificaciones que permite cumplir con la normativa desarrollada fundamentalmente a finales de los años setenta y principios de los ochenta.

Por otro, los grandes equipos, como son la vasija del reactor, el generador de vapor, etc., que pueden condicionar la vida de la central se encuentran, tal como demuestran análisis e inspecciones, en condiciones favorables para alcanzar la vida de diseño.

En base a lo anterior, para una central como C. N. José Cabrera, el primer punto de la Gestión de Vida Remanente, es el llevar a cabo un programa de modificaciones que sitúen a la central en un cumplimiento de normativa de seguridad comparable a las centrales de diseño más moderno.

En segundo lugar se sitúa el seguimiento y control, mediante análisis, inspecciones, reparaciones y modificaciones de los grandes equipos de la central: vasija del reactor, internos de la vasija, generador de vapor, bomba principal, etc.

En tercer lugar estaría el complementar los actuales Programas de Mantenimiento e Inspección en Servicio, en base al conocimiento de nuevos mecanismos de degradación, así como de acuerdo a experiencias propias o de otras centrales.

En el cuarto lugar de estas actividades fundamentales de GVR situaríamos las documentales: recuperación de documentos y registros relativos al diseño, fabricación, pruebas, mantenimiento y operación.

PROGRAMA DE MODIFICACIONES DE LA C. N. JOSE CABRERA

Como se ha indicado en el punto anterior, este programa constituye una parte esencial en la gestión de la vida de la central. El programa de modificaciones se orientó hacia el cumplimiento, en la medida de lo posible, de los criterios, guías y normativa vigente en aquel momento, y en particular los siguientes: cualificación sísmica y ambiental, separación física y eléctrica, redundancia y fallo único.

En el programa de modificaciones de la C. N. José Cabrera, llevado a cabo entre los años 1982 y 1985, se acometieron las siguientes mejoras:

Sistema de Inyección de Seguridad

En este sistema las modificaciones realizadas consistieron básicamente en la sustitución de los motores de las bombas de recirculación y actuadores de válvulas interiores a contención por nuevo equipo cualificado, instalación de un nuevo tanque de recarga y tendido de nuevos

cables y tuberías para alcanzar una separación física de trenes. Asimismo se añadió al sistema nuevo equipo, no contemplado en el diseño original: tanque acumulador, recirculación a rama caliente, sistema de inyección de emergencia a sellos de la bomba principal, intercambiadores de calor para la recirculación y un eductor como sistema de apoyo a las bombas de recirculación.

Sistema de Agua de Servicios Esenciales

Se instaló un nuevo sistema de Agua de Servicios Esenciales para refrigeración de los sistemas requeridos en condición de accidente. El sistema consta fundamentalmente de dos nuevas bombas verticales instaladas en la estructura de toma y nueva tubería desde ésta a los distintos sistemas de la central. Una serie de válvulas permite el aislamiento de las partes del sistema necesarias en caso de accidente.

Sistema de Agua de Alimentación de Emergencia

La modificación consistió en la instalación de un nuevo sistema totalmente redundante alimentado por dos bombas accionadas por motor eléctrico. Además se ha mantenido el sistema existente de turbobomba por razones de diversidad.

Sistema de Refrigeración de Componentes

La reforma consistió en la instalación de un nuevo sistema de refrigeración de componentes, exterior a la contención y constituido por dos trenes redundantes. Las nuevas bombas, cambiadores y tanque de expansión se instalaron en un nuevo edificio.

Sistema de Eliminación de Calor Residual

La reforma en este sistema consistió en la sustitución de los motores de las bombas por unos cualificados y la instalación de nuevas válvulas de aislamiento para las líneas de conexión con el primario para garantizar el sistema frente a fallos activos.

Sistema de Refrigeración del Foso de Combustible Gastado

El desarrollo de la reforma para este sistema consistió en la instalación de un nuevo motor cualificado para la bomba, la sustitución del cambiador de calor existente por otro de mayor capacidad refrigerado por el nuevo sistema de Refrigeración de Componentes y la adición de una nueva línea de aporte a la piscina desde el nuevo sistema de Agua de Servicios Esenciales.

Sistema de Toma de Muestra de Post-accidente

Se instaló un nuevo sistema de toma de muestras tanto líquidas (circuito primario) como gaseosas (contención), unificado, exterior a la contención, para situación de post-accidente y un monitor de hidrógeno de la contención.

Sistemas de Ventilación

Los cambios más importantes en los sistemas de ventilación fueron los siguientes:

- Instalación de un nuevo sistema de ventilación y acondicionamiento de la sala de control.
- Modificación del sistema de ventilación de la contención, a fin de disponer de dos trenes redundantes de acondicionamiento y filtración de emergencia.
- Instalación de nuevos sistemas de ventilación para los edificios auxiliar, eléctrico y del generador diesel.

Sistema de protección Contra Incendios

Se realizó un análisis de riesgos completo de la central, estableciendo la correspondiente división general de la misma en áreas y zonas de fuego, analizando, y posteriormente instalando, los equipos de detección y señalización apropiados, así como las protecciones tanto activas como pasivas requeridas en cada área o zona.

Sistema de Tratamiento de Residuos Radiactivos Líquidos

Se instaló un nuevo sistema, ubicado en un nuevo edificio, para la concentración de residuos radiactivos líquidos procedentes de los diversos sistemas de la central.

Sistema Eléctrico de Corriente Alterna (CA)

La modificación de este sistema consistió esencialmente en lo siguiente:

- Separación de los dos trenes eléctricos existentes, alimentando cada uno de ellos desde las dos alimentaciones eléctricas exteriores.
- Se añadieron dos nuevos trenes completos de seguridades incluyendo barras de 3 kV, de 380 V, y CCM's.
- Se mejoró el sistema de alimentación eléctrica de emergencia al añadir una nueva línea desde la central hidráulica de Zorita, central afectada a su vez por el programa de modificaciones, y fundamentalmente con la instalación de un nuevo generador diesel interior a la central.

Sistema Eléctrico de Corriente Continua (CC) y Vital

En este sistema se realizó una partición completa del mismo en dos trenes (continua) y tres canales (vitales), a tal fin se instaló el siguiente nuevo equipo: dos baterías, tres cargadores, dos barras de corriente continua para equipo de seguridad, tres inversores y tres barras de vitales.

Modificaciones en Instrumentación y Control (I & C)

Entre las modificaciones realizadas sobre la I & C de la C. N. José Cabrera merecen resaltarse los siguientes:

- Instalación de dos nuevas cabinas de relés donde se realiza la lógica de actuación de salvaguardias de tren A y tren B.
- Se instaló, desde la instrumentación de campo a la monitorización en sala de control, un sistema de información post-accidente que consta de 21 variables redundantes.
- Se amplió la sala de control, añadiendo 7 nuevos paneles, 5 cabinas de relés y 4 cabinas de electrónica.

En octubre de 1985 finaliza el programa de modificaciones (SEP) y comienza un nuevo programa continuo de trabajos y modificaciones que se llevan a cabo a partir de dicha fecha, comenzando por los puntos pendientes del programa anterior.

Algunos de los trabajos más significativos, en cuanto a modificaciones de diseño, realizados en esta etapa son los siguientes:

- Estudio y modificaciones para garantizar la parada segura ante incendio, siguiendo las directrices del Apéndice R al 10 CFR 50.

- Estudio de rotura de líneas de alta energía y modificaciones consecuentes del mismo.
- Modificación en válvulas y tuberías asociadas a las penetraciones mecánicas a fin de cumplir con los criterios de aislamiento del recinto de contención.
- Construcción de una nueva planta de embidonado.
- Sustitución de calentadores, recalentadores y separadores de humedad del circuito secundario.
- Mejora de la capacidad de respuesta en emergencia: implantación de nuevos Procedimientos de Operación de Emergencia, revisión de diseño de sala de control y modificaciones asociadas.

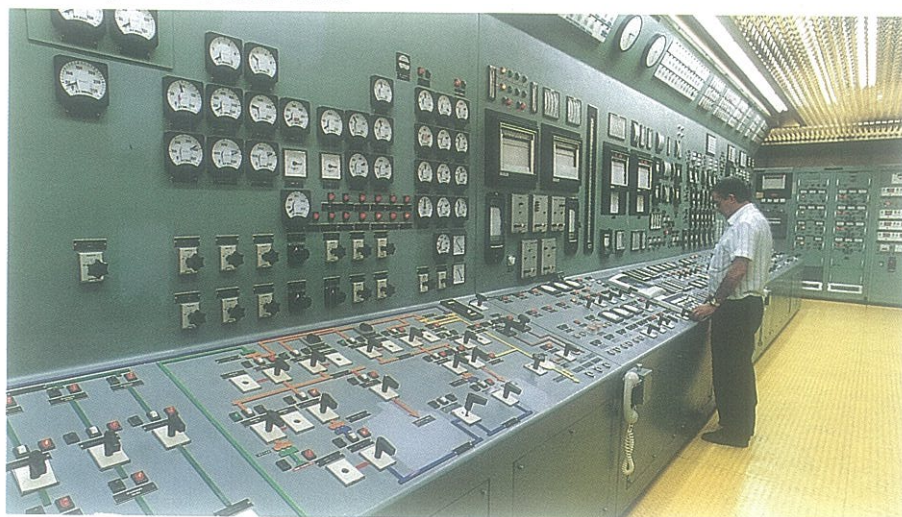
Mención especial merece el programa de sustitución del Sistema de Protección y Control del Reactor sobre el que se trata a continuación.

MODIFICACION DEL SISTEMA DE PROTECCION Y CONTROL DEL REACTOR (RPCS)

En la evaluación realizada sobre el RPCS durante la fase de modificaciones (1982-1985) se concluyó que éste cumplía con los requisitos funcionales, no requiriéndose una modificación sustantiva del mismo.

En 1989, Unión Fenosa inició un plan estratégico para la sustitución de los sistemas de I & C de la C. N. José Cabrera que no habían sido modificados durante el anterior programa de modificaciones. Dicho programa de sustitución va unido a una estrategia de acopio de respuestas que garantice el correcto mantenimiento de los sistemas hasta su sustitución programada.

F II Vista general de la Sala de Control.



Las razones para llevar a cabo dicho plan de sustitución fueron varias. En primer lugar, y tras más de 20 años de operación, comenzaban a presentarse en algunos sistemas problemas de mantenimiento por falta de repuestos apropiados, unido esto a un esperado aumento de los problemas por razones de envejecimiento. En segundo término se pretendía mejorar el cumplimiento con la normativa vigente, particularmente en lo relativo a separación física, aislamiento protección/control, redundancia, capacidad de pruebas, cualificación, etc. La oportunidad de acometer en estos momentos la sustitución de importantes sistemas de I & C se basa en la problemática anteriormente citada, unido a la disparidad que existe entre la vida esperada de la central, situada en el entorno de los 40 años, y la vida media de los sistemas de I & C que se considera generalmente en el entorno de 25 años. La vida consumida de la central, y la vida esperada, aconsejan la sustitución de los sistemas fundamentales de I & C en el período 20-25 años de vida.

El programa de sustitución de los sistemas de I & C afecta a los sistemas originales de la planta no modificados como es el caso del Sistema de Protección y Control del Reactor (RPCS), que consta de los siguientes subsistemas: RPCS asociado al circuito secundario (sustituido en 1991), RPCS asociado al circuito primario (sustitución prevista en 1993) y sistema de instrumentación nuclear.

Las modificaciones previstas junto con otras en curso ligadas a los sistemas de apoyo en emergencia, supone un nuevo cambio en la disposición de equipos en

sala de control. La evolución de la sala de control afectada por las distintas modificaciones se muestra en la figura I. Con el programa de sustitución en curso, acompañado de una política de gestión de respuestos que garantice el correcto mantenimiento de los sistemas hasta su

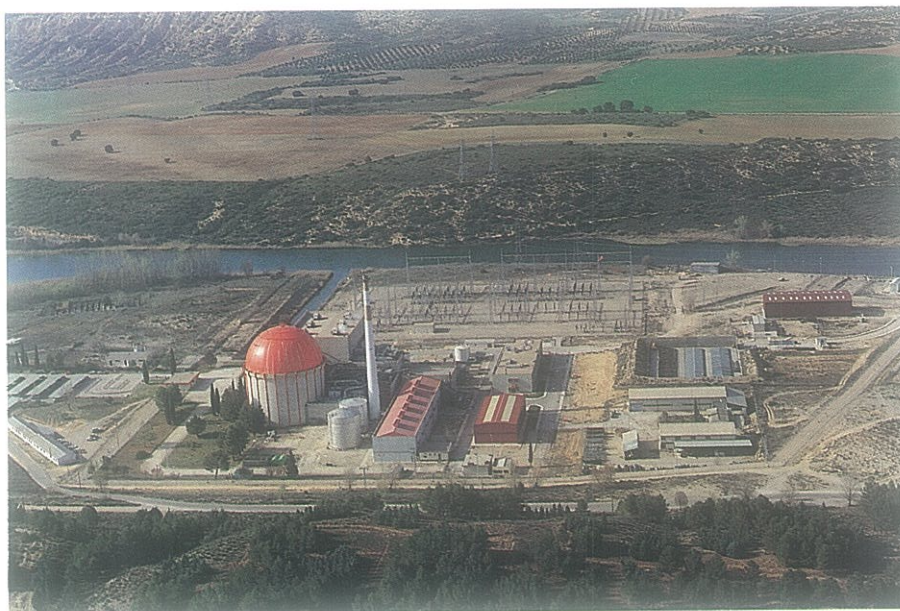
T I

LISTA DE COMPONENTES CRITICOS

Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3
SopORTE Vasija del Reactor.	Vasija del Reactor.	Conjunto de los Internos Superiores de la Vasija.
Aislamiento Vasija del Reactor.	Alojamiento de los CRDM.	Mecanismo de Accionamiento de las Barras de Control.
Estructura de Hormigón de la Contención.	Conjunto Internos Inferiores de la Vasija.	Soportes del GV.
Base Edificio de Contención.	Generador de Vapor.	Soportes del Presurizador.
Piscina de Combustible Gastado y Revestimiento.	Presurizador.	Soportes de la RCP.
Estructura de Hormigón del Edificio Auxiliar.	Tubería del Lazo de Refrigeración del Reactor.	Bombas de Carga.
Estructura de Hormigón del Edificio de Sala de Control.	Línea de compensación del Presurizador.	Generador de la Turbina Principal.
Estructura de Turbina.	Manguitos de los Tubos Guía del Núcleo.	Transformadores Principales.
Estructura Agua de Servicios Esenciales.	Carcasa de la Bomba del Primario.	Esclusa de Acceso de Equipos y Personal.
Canales de entrada/salida del Agua de Circulación.	Turbina de Alta Presión.	Esclusa de Acceso de Emergencia.
Estructura de Hormigón de Zorita Hidráulica.	Turbina de Baja Presión.	Penetraciones mecánicas y eléctricas.
	Acero de Revestimiento de Contención y Cúpula.	Equipo de Sala de Control (original).
	Cables Eléctricos dentro de Contención (originales).	Cables Eléctricos fuera de Contención (originales).

sustitución, se logra ampliar la vida de diseño de los sistemas afectados, adaptándola a la vida de diseño de la central, en condiciones óptimas de seguridad y disponibilidad.

F III Vista general de la Central José Cabrera.



ACTIVIDADES ESPECIFICAS DE GESTION DE VIDA REMANENTE

Complementariamente a los programas de modificaciones, en 1988 se iniciaron una serie de actividades específicas de GVR para la C. N. José Cabrera.

En primer lugar se llevó a cabo con la empresa Westinghouse, entre 1988 y 1989, un "estudio de viabilidad de la extensión de vida para la C. N. José Cabrera", con el siguiente alcance:

- Comparación de los parámetros de planta entre la central de Surry I (planta piloto PWR para extensión de vida en los EE.UU.) y la C. N. José Cabrera. La conclusión general fue que la C. N. José Cabrera opera en condiciones menos severas que Surry I.
- Lista de elementos críticos. Se fijaron los criterios y se estableció la lista de componentes críticos ordenados por categorías. En la tabla I se listan los componentes de las categorías 1

(componentes que se prevé no limiten la vida de la planta, pero requieren una justificación), 2 (componentes de vida larga con impacto potencialmente alto sobre la vida de la planta) y 3 (componentes de vida larga con pequeño impacto sobre la vida de la planta).

- Definición y recuperación de datos de los componentes críticos de la planta. Se generó un procedimiento para registro de parámetros de transitorios operacionales.
- Evaluación de componentes críticos. Se realizó una evaluación preliminar de los componentes críticos de la planta mediante análisis comparativo con las conclusiones de evaluación llevadas a cabo sobre los mismos componentes de la central de Surry I.
- El estudio concluyó, en base fundamentalmente a los datos de diseño y operación y al programa de modificaciones de la central, con la viabilidad de la extensión de vida para la C. N. José Cabrera.

A continuación se encargó a Empresarios Agrupados (EE.AA.) y Multiple Dynamics Corporation (MDC), con la participación de Tecnomat, la realización de un "Plan a 5 años para la Gestión de Vida Remanente en la C. N. José Cabrera". Las actividades de este plan se agrupan bajo los siguientes conceptos.

- Documentación.
- Inspección, vigilancia y seguimiento de componentes.
- Evaluación y diagnóstico de componentes.
- Reparaciones y sustituciones.

De las actividades del plan a 5 años se han llevado a cabo las siguientes:

- Recopilación y clasificación de los transitorios operacionales de la C. N. José Cabrera desde su arranque hasta julio 1990.
- Preparación de una guía para archivar los registros de los parámetros necesarios para GVR.
- Procedimiento de inspección del revestimiento metálico del edificio de contención.
- Plan de inspección de pintura de estructuras internas de hormigón y metálicas del recinto de contención.
- Criterios para la implantación de un plan de vigilancia del estado de los cables eléctricos.
- Programa preliminar de vigilancia de condiciones ambientales.
- Procedimiento de adquisición de parámetros vibratorios en generadores diesel de emergencia (actividad realizada por los Grupos de Propietarios).
- Procedimiento de recogida, identificación y almacenamiento de muestras para la GVR (actividad realizada por los Grupos de Propietarios).

Además se iniciaron los programas de sustitución recomendados en dicho plan.

GRANDES COMPONENTES

Las grandes inversiones realizadas en la C. N. José Cabrera en los últimos años, desde el punto de vista económico necesitan estar respaldadas por unas expectativas de vida razonables que a su vez dependen en gran medida del estado en que se encuentren los componentes denominados críticos. Estos fueron evaluados de forma preliminar en el estudio de viabilidad de la extensión de vida. Tratamos a continuación del estado de algunos de los más significativos, ligados al circuito primario, respecto a problemas conocidos.

Vasija del Reactor

Dentro del programa de inspección previsto, hasta la fecha se han ensayado las probetas de 5 cápsulas, de las 8 inicialmente instaladas en la vasija. Los datos de fluencia neutrónica recibida por la 3.ª cápsula, retirada en 1975, se corresponden con los de la vasija al final de vida de diseño de la central.

Los valores de temperatura de ductilidad nula a final de vida obtenidos para los distintos materiales y para la fluencia neutrónica correspondiente, son en todos los casos inferiores a los que marca la normativa. La curva de delimitación de presión-temperatura para las operaciones de calentamiento o enfriamiento garantizan en todo momento una temperatura en la pared interna de la vasija inferior a la determinada a final de vida.

Por otra parte, se realiza la inspección en servicio de la vasija de acuerdo a los requisitos de la Sección XI del código ASME, sin haber encontrado en los dos primeros intervalos de inspección nada significativo.

Internos de Vasija

Adicionalmente a las inspecciones requeridas por el ASME-XI, en la recarga de 1988 se realizó una inspección visual y por ultrasonidos de los "split-pins" de las columnas guía de las barras de control, con resultados satisfactorios. En la recarga de 1990 y coincidiendo con el final del 2.º intervalo de inspección se realizó una inspección visual completa de los soportes de la barrera térmica. Estas inspecciones se llevaron a cabo en base a problemas aparecidos en otras centrales y que no han tenido lugar en la C. N. José Cabrera.

Bomba Principal

En 1990 se realizó un estudio de mecánica de fractura de la carcasa de la

bomba principal, esto, junto con otras actividades llevadas a cabo sobre la bomba, entre ellas la instalación de un sistema de monitorización de vibraciones, permiten el seguimiento y evaluación del estado de la misma.

Generador de Vapor

La inspección se realiza con equipo mecanizado y técnica de corrientes inducidas con el siguiente alcance en cada recarga de combustible:

- Inspección con bobina circular al 100% de los tubos.
- Inspección con bobina rotatoria a un número limitado de tubos en la zona de la placa tubular.

Adicionalmente en el año 1985 se realizó una campaña de extracción de tubos para contrastar la fiabilidad de las técnicas de inspección del generador de vapor.

Los resultados de la última inspección apuntan las siguientes conclusiones:

- El fenómeno de "Stress Corrosion Cracking (SCC)" continúa una evolución moderada.
- En los casos de "Thinning" la pérdida de espesor de las nuevas indicaciones es menor del 20%, por tanto, la evolución del fenómeno puede considerarse como mínima.
- En los tubos afectados por "Fretting" en barras antivibratorias se ha detectado un incremento moderado de pérdida de espesor.

Tras la inspección de 1990 el número total de tubos taponados asciende a 141 tubos (5,41% de los tubos del generador).

La evolución moderada de los distintos tipos de defectos en los tubos del generador de vapor de la C. N. José Cabrera, no lleva en estos momentos a tomar otro tipo de acciones. El generador de vapor de la C. N. José Cabrera muestra menor sensibilidad a la degradación que modelos de fabricación posterior.

CONCLUSIONES

En base a los estudios y análisis efectuados hasta la fecha, teniendo en cuenta los resultados obtenidos en evaluaciones e inspecciones sobre componentes críticos de la planta, y considerando los fuertes programas de modificaciones llevados a cabo en la C. N. José Cabrera, podemos concluir que en estos momentos no se conocen impedimentos para poder alcanzar, al menos, la vida de diseño de la Central, en condiciones óptimas de seguridad, fiabilidad y disponibilidad.