



Luis SANCHEZ PINILLA es Ingeniero Industrial por la ETSIIM y Diplomado en Ingeniería Nuclear. Trabaja en INITEC desde 1964 y ha desempeñado, entre otras actividades, la Dirección del Proyecto de la Central Nuclear de Ascó para posteriormente ocupar la Jefatura de la División de Electricidad e Instrumentación y Control. En los últimos años ha pertenecido al Comité de Gerencia de la Ingeniería de la Central Nuclear de Ascó.

EXPERIENCIAS EN INGENIERIA DE APOYO A LA EXPLOTACION DE CENTRALES NUCLEARES

L. SANCHEZ

INTRODUCCION

La evolución reciente de los requisitos de servicios de ingeniería en la industria nuclear ha desplazado el énfasis de las actividades de diseño, que representaban más del 90 % de la dedicación de las grandes compañías de ingeniería hace pocos años, hacia las actividades de apoyo a la explotación de centrales, en la actualidad.

En efecto, el parque nuclear español está constituido por diez centrales en operación con vidas de servicio muy variables, desde más de veinte años en el caso de la Central de José Cabrera hasta la Central de Trillo I, última en incorporarse a la red eléctrica recientemente.

Durante la vida de servicio de las centrales nucleares aparecen necesidades de modificaciones y mejoras del diseño, de aumento del rendimiento o problemas operativos en los sistemas de la central, que sólo pueden detectarse desde la perspectiva de la experiencia en la explotación y que pueden requerir solución urgente por diversas causas, en última instancia por la importante repercusión económica.

Coincidiendo con la puesta en servicio de las centrales españolas de la segunda generación o con las últimas etapas de sus procesos de licencia tuvo lugar un intenso proceso regulador, especialmente como consecuencia del accidente ocurrido en la Central de TMI en marzo de 1979. Este proceso regulador afectó a las centrales españolas en distinta medida y en distintas etapas, iniciándose en algunos casos programas sistemáticos de reevaluación de la seguridad o requiriéndose en otros la incorporación en el diseño de los requisitos derivados de la nueva normativa.

Adicionalmente las centrales nucleares españolas operan bajo permisos de explotación provisionales, que anualmente deben renovar, incorporando, a petición de las Autoridades de Seguridad Nuclear, requisitos de modificaciones y actualizaciones de sus diseños, de acuerdo con la normativa citada, generada con posterioridad a la fecha de concesión de las licencias.

La situación expuesta ha dado lugar a una gran demanda de servicios de ingeniería de apoyo a explotación que se vio incrementada por la tendencia re-

guladora a requerir la existencia de dichos grupos de apoyo, que en caso de emergencia constituirían el soporte técnico del equipo de explotación de la central.

La gran demanda actual de servicios de ingeniería de apoyo está, pues, plenamente justificada, abriéndose un área de colaboración con las organizaciones de explotación de gran interés para ambas.

Por una parte, parece evidente que las compañías de ingeniería, con experiencia en el diseño de las centrales tienen la mejor capacidad técnica para abordar los trabajos de apoyo a explotación que puedan requerirse, representando esta actividad por otra parte la retroalimentación natural sobre su experiencia de diseño.

En otro orden de cosas, disponer de grupos de ingeniería de apoyo capaces de dar respuesta rápida a las necesidades derivadas de la explotación, puede suponer con frecuencia un beneficio económico importante para las compañías eléctricas, sin contar las ventajas que en el orden técnico representan la experiencia, flexibilidad, disponibilidad y capacidad de adaptación a requisitos diversos de las empresas de ingeniería.

ASPECTOS ORGANIZATIVOS

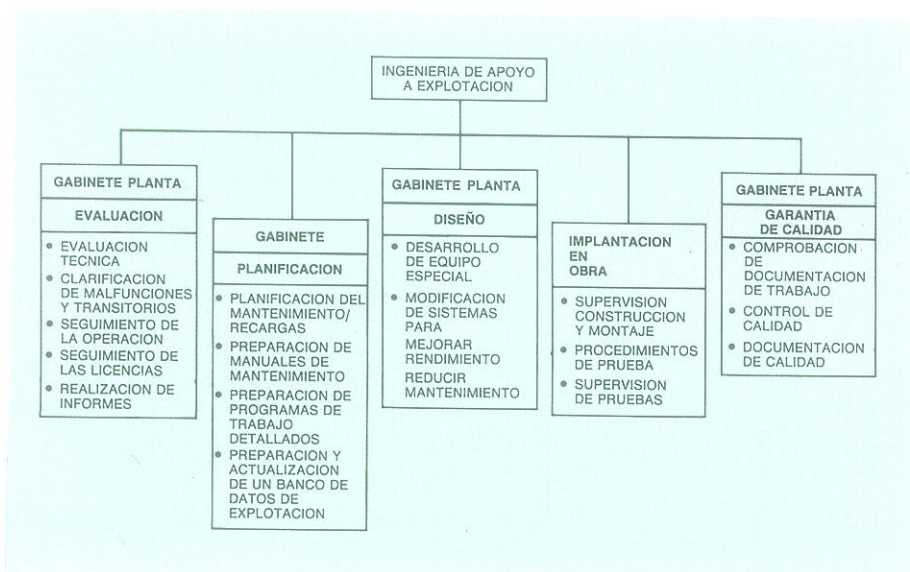
La ingeniería de apoyo a explotación es una actividad que se desenvuelve en un entorno muy diferente a la Ingeniería dedicada al diseño de una Central Nuclear.

Así, se puede afirmar que mientras los equipos dedicados a grandes proyectos han tendido a organizarse por áreas específicas, resolviendo los problemas de interfases entre disciplinas, de acuerdo con los procedimientos de coordinación del proyecto, la naturaleza de las actividades propias del apoyo a explotación requieren más bien la dedicación de grupos de trabajo AD-HOC coordinados para la finalización del trabajo, en el plazo establecido.

Por esta razón, los trabajos de apoyo a explotación requieren, en mayor medida que los de proyecto, la concurrencia de profesionales con experiencia y capacidad globalizadora.

La programación de la actividad es, por tanto, uno de los aspectos diferenciadores más significativos entre ambos contextos. En el caso de los proyectos de centrales, las actividades requieren una planificación a medio plazo, frente a los plazos más cortos de los trabajos de apoyo a explotación, cuya duración máxima es frecuentemente muy inferior al período entre recargas.

Estas diferencias esenciales deben marcar también las correspondientes diferencias organizativas. En efecto,



F I Esquema organizativo del apoyo a explotación

tanto en las centrales españolas como en centrales americanas, los grupos de ingeniería de apoyo a explotación se organizan de modos muy diferentes, en función principalmente de los deseos del explotador, que están a su vez condicionados por la propia organización interna de éste y por la situación de la Central respecto a la Sede de las oficinas centrales, entre otros aspectos.

En todo caso, la organización del grupo de ingeniería de apoyo, con independencia de su ubicación y dimensiones, debe dirigirse al cumplimiento más eficaz de sus objetivos, que pueden resumirse en la realización de los proyectos de modificaciones de diseño o de otro tipo que le sean encargados, normalmente destinados a ser implantados durante las recargas, así como otros servicios institucionales que pueden constituir encargos de continuidad. En estas condiciones los grupos de ingeniería de apoyo pueden estar constituidos por un núcleo cuyas dimensiones mínimas estarían definidas por los servicios institucionales contratados tales como Garantía de Calidad, Programación y trabajos de continuidad. Este núcleo podría tener una cierta sobrecapacidad en función de la carga de trabajo esperada, pero en todo caso tendería a no crecer y a utilizar especialistas de la organización de la cual depende, para la realización de los trabajos de mayor volumen, fuera de la línea de los encargos institucionales. El grupo núcleo podría estar ubicado próximo a la organización responsable de la explotación de la Central con objeto de poseer la capacidad de respuesta necesaria para atender la demanda de servicios y tener información inmediata de los requisitos de ingeniería de apoyo de la Central, aspectos

ambos de primera importancia para alcanzar los objetivos de un grupo de apoyo a explotación.

ACTIVIDADES DE APOYO A EXPLOTACION

Una muestra de la diversidad en todos los aspectos de los trabajos de apoyo a explotación se presenta en los apartados siguientes.

IMPLANTACION DEL SISTEMA DE APOYO MECANIZADO A LA OPERACION (SAMO)

El SAMO es un potente sistema informático, basado en las modernas tecnologías de hardware y software, para el tratamiento de la información de planta, al servicio de los diferentes usuarios de la central y cuya principal característica es una gran facilidad de diálogo hombre-máquina.

Los antecedentes del SAMO se derivan de la documentación y directrices marcados por el WOG (Westinghouse Owners Group) en relación a la nueva filosofía de operación ante emergencias recogidas en las ERG (Emergency Response Guidelines), vigilancia de las CSF (Critical Safety Functions) y SPDS (Safety Parameter Display System), así como el apoyo a la operación mediante ordenador, sustituyendo al actual, con objeto de modernizar programas y tecnología, además de disponer de capacidad de ampliación y reserva para futuras aplicaciones.

El programa de implantación del SAMO en CN Ascó ha sido desarrollado por la ingeniería de apoyo a explotación y consta de dos fases de ejecución, estando la primera prácticamente concluida y previéndose el desarrollo de la segunda a continuación.

Los objetivos a cubrir en cada fase son los siguientes:

Fase 1.^a

- SPDS, diagramas de tubería e instrumentación y gráficos necesarios para la implantación de las nuevas instrucciones de operación de emergencia.
- Seguimiento y presentación en pantalla de las seis CSG definidas en el WOG.
- Sistema de vigilancia post-accidente.
- Registro histórico de todas las señales a su tiempo de scanning durante dos horas.
- Registro histórico de todas las señales a un segundo de scanning durante veinticuatro horas.
- Secuencia de eventos (SOE).
- Revisión post-disparo (PTR).
- Diagramas de tubería e instrumentación y gráficos relacionados con la seguridad para apoyo a la revisión de diseño de sala de control.
- Programas del computador de procesos de termopares, detectores móviles y "delta flux".

Fase 2.^a

- Redundancia funciones de fase 1.^a
- Desarrollo paso a paso de los procedimientos de emergencia elaborados por CN Ascó.
- Desarrollo a través de diagramas de tubería e instrumentación y gráficos para el apoyo de los transitorios operacionales normales, calentamiento, enfriamiento, cambio de alimentación a tobera principal de G. V. y acercamiento a sincronización, etc.
- Desarrollo por sistemas de toda la información disponible en la central.
- Implantación de los programas del computador de procesos actual, así como los de supervisión del sistema de control y protección del reactor (5 programas), supervisión proceso del ASSS (7 programas) y cálculos de rendimiento del BOP (8 programas).
- Implantación de nuevos programas para cálculo de fugas del sistema refrigerante del reactor, cálculo de fugas de la contención, registro de operación de equipos y cálculo de dosis exterior.
- Posibles nuevas aplicaciones: Obtención de datos para mantenimiento predictivo y correctivo, obtención de datos para la contabilización de transitorios y extensión de vida, gestión de desechos, etc.

El sistema está configurado de la siguiente manera:

- Un ordenador tipo GOULD, para trabajar en tiempo real. de gran capacidad de memoria y alta velocidad de transmisión y de tratamiento de datos, ubicado en un local ad-hoc.

- Work-stations, en la sala del ordenador y distribuciones de CRT's en sala de control, sala del supervisor de turno y Centro de Apoyo Técnico, con las impresoras y vídeo copiers correspondientes.
- Sistema de adquisición de datos, con 1.000 señales analógicas con tiempos de resolución de 50 ms y de 1 sg y 1.500 señales digitales al tiempo de resolución de 4 ms.

Este proyecto ha sido realizado en la propia central, por considerarse de suma importancia las interacciones con el equipo de operación en el desarrollo del mismo.

ESTUDIOS DE CORROSION EN EQUIPOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR EN EL SECUNDARIO DE LA CENTRAL

Con objeto de evaluar la corrosión experimentada en diversos equipos de transferencia de calor en el secundario, se llevaron a cabo diversos estudios y se propuso la implantación de diferentes soluciones a los problemas de corrosión encontrados.

En efecto, desde las primeras recargas se realizaban programas de inspección y vigilancia del estado de dichos equipos, detectándose pronto los primeros efectos de corrosión, por lo que la propiedad determinó iniciar un programa para la identificación de las causas profundas y adoptar una solución global para el problema.

En este sentido el programa diseñado incluía inspecciones con técnicas convencionales aplicadas en la industria petroquímica y en la nuclear, muestreo y análisis químico y bacteriológico de lodos y aguas, estudios metalográficos y fractográficos y ensayos de corrosión sobre muestras duales de tubos de los equipos.

Los resultados del programa pueden resumirse en lo siguiente:

- Los problemas de corrosión habían afectado a tuberías de acero al carbono, a válvulas forjadas y de acero al carbono, a cajas de agua con revestimientos de pintura o polímeros y a tuberías de acero inoxidable austenítico.
- El proceso principal identificado fue por aireación diferencial bajo depósitos, afectando a los materiales arriba citados.
- Los principales síntomas de corrosión fueron fisuras intercristalinas.
- En los tubos del condensador se observó corrosión por amoníaco y fenómenos de corrosión por fisura intercristalina debido a los iones de cloro en el condensado.
- Se detectó corrosión bajo tensión en zonas próximas al área de expansión de los tubos a las placas.
- Las velocidades medias de corrosión encontradas variaban entre 0,2

mm/año para tuberías de acero inoxidable austenítico a 2,0 mm/año para elementos de acero al carbono.

Las principales acciones correctivas propuestas, algunas de las cuales ya han sido implantadas, pueden clasificarse en los siguientes grupos: medidas de mantenimiento, como evitar la retención de agua en equipos durante más de veinticuatro horas; inspecciones, para vigilar el comportamiento de los equipos y su evolución en el tiempo; implantación de sistemas de control de la corrosión de naturaleza electroquímica y vigilancia continua de la eficacia de las acciones implantadas; estudios a medio plazo sobre la conveniencia de la adición de inhibidores de corrosión y ensayos de corrosión en condiciones reales de operación con materiales candidatos para las futuras modificaciones del sistema.

Los trabajos citados se llevaron a cabo en la central durante las recargas en las etapas de recogida de datos. El análisis de resultados fue realizado en gabinete.

ESTUDIO DE LAS CONDICIONES LIMITES DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS TRANSFORMADORES DE VANDELLOS II

Está en desarrollo un estudio de las condiciones límite de funcionamiento de los transformadores principales de la Central de Vandellós II en función de las tensiones y condiciones de la red. Este estudio se encuadra en el marco de los trabajos en curso para la identificación de las causas que dieron lugar a los incendios producidos en los transformadores. El origen de los incendios se clarificó, no obstante lo cual, las Propiedades han decidido la continuación y finalización de los estudios iniciados.

REVISION DE LOS PROCEDIMIENTOS DE VIGILANCIA

Los requisitos de vigilancia de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento (ETF) se concretan en los procedimientos de vigilancia (PV).

Cada uno de los canales de instrumentación que generan las señales de protección de la central, como relacionados con la seguridad y sujetos por ETF a requisitos de vigilancia, definidos tanto en el ámbito temporal como en relación a los modos de operación, tienen desarrollados sus procedimientos específicos.

Para cada canal existen dos PV en línea con las exigencias de las ETF: Prueba funcional y prueba de calibración. En cada procedimiento se identifica el apartado de la ETF que lo exige, su aplicabilidad temporal, en cada modo de operación y a nivel de responsabilidad, criterios de aceptación, lista

de comprobaciones a realizar incluyen las acciones técnicas y administrativas correspondientes, equipo necesario, condiciones iniciales, precauciones, instrucciones pertinentes y normalización del canal una vez realizada la prueba.

Durante el pasado año se sometieron los PV de CN Ascó a una revisión en profundidad al objeto de confirmar su adecuación a los fines propuestos, mejorar su contenido, modificar su formato para mayor facilidad de uso por parte de los operadores y asegurar que en los procedimientos revisados se incorporan las modificaciones de diseño de la Central.

Este trabajo, exhaustivo en su naturaleza, se realizó en gabinete, con frecuentes desplazamientos a la Central, para la coordinación con los usuarios de los procedimientos y con los Servicios Técnicos de la Propiedad.

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE LA CUALIFICACION AMBIENTAL

Este programa le fue requerido a la Central para la identificación de la degradación por envejecimiento de los materiales del equipo cualificado ambientalmente, e incluía:

- El mantenimiento, evaluación y actualización del archivo de documentación (Informes de cualificación, estudios de ingeniería, etc.).
- Elaboración y actualización de una base de datos de equipo eléctrico y de instrumentación bajo requisitos de cualificación ambiental.
- Inclusión en la base de datos de las actividades de mantenimiento y de vigilancia en cada equipo.
- Retroalimentación y registro cronológico de todas las actividades de mantenimiento y vigilancia.
- Seguimiento de la vida de cada equipo, situación, cambios de denominación, permanencia en almacén, condiciones ambientales del equipo en condiciones normales y en accidente, etc.

La coordinación de estas funciones en una Base de Datos fue abordada mediante un programa de ordenador que almacenaba los datos citados anteriormente, así como las medidas de mantenimiento preventivo y correctivo efectuadas sobre dicho equipo, los datos de vigilancia de la condición y el inventario de repuestos correspondiente a cada modelo. El programa relaciona la información existente en las bases de datos al número de identificación del equipo y a su función de seguridad, permitiendo la generación de listados, órdenes de trabajo y diversos informes.

Este trabajo fue realizado en gabinete, coordinado con los Servicios Técnicos de la Propiedad y con los responsables del mantenimiento de la central.

PROGRAMA DE SEGUIMIENTO Y ESTUDIO DEL LEVANTAMIENTO DEL TERRENO

La construcción del grupo II de la CN de Ascó se decidió después del comienzo del Grupo I. Para utilizar en su construcción el mismo diseño y a la vez respetar sus cotas, de forma que la altura de bombeo del agua de refrigeración desde el río Ebro fuera óptima, se procedió a emplear la misma configuración, con desplazamiento de centro de gravedad de la Unidad I varios centímetros de metros hacia el NO.

Esto dio lugar a una gran excavación de las margas que forman aquel terreno natural, con lo que se inició el levantamiento del terreno.

Este fenómeno, reconocido como de expansión elástica, era previsible, y se esperaba que se produjera inmediatamente después de hacer la excavación, y acabará en un corto plazo de tiempo. Sin embargo, por efecto de este levantamiento, así como por las voladuras empleadas en la excavación, se produjeron fisuras que permitieron la entrada de agua al macizo rocoso y en su contacto se activaron las arcillas expansivas que forman parte de él (ya los ensayos de hinchamiento realizados en el año 1974 mostraron una moderada expansividad de la marga). Por ello el levantamiento ha seguido posteriormente, aunque mucho más atenuado, buscando un nuevo equilibrio de presiones y humedad en la roca.

En el otoño de 1980 se formó un grupo de trabajo interdisciplinario en la ingeniería, para efectuar el seguimiento de este problema.

Los objetivos de este grupo de trabajo son:

- Evaluar los aspectos de seguridad global de las estructuras, sistemas, componentes de la Central con respecto al levantamiento previsto para una vida de cuarenta años de la planta.
- Identificar todos los posibles orígenes del agua y desarrollar medidas para prevenir en lo posible su acceso a la marga.
- Hacer un seguimiento y evaluación del agua subterránea en el emplazamiento.
- Poner al día el análisis de regresión efectuado utilizando las mediciones del levantamiento según se vaya disponiendo de nuevos datos.
- Evaluar las propiedades químicas y mineralógicas de la marga y su relación al fenómeno de hinchamiento, con el fin de determinar las características de expansión a largo plazo de la cimentación. Esta evaluación también identificaría los métodos químicos posibles para decelerar todavía más las velocidades actuales del levantamiento.

El objetivo de los estudios es:

- Asegurar que el levantamiento no pondría en peligro la seguridad de edificios, estructuras, sistemas o equipos de la Central.
- Desarrollo de documentación, en base a estudios, informes o registros, que permitieran la evaluación independiente del fenómeno en todas sus manifestaciones y posibles efectos.
- Preparar y llevar a cabo cuantas medidas fueran razonablemente posibles y pertinentes para prever el fenómeno en las condiciones extremas de máximo levantamiento al final de la vida de la central (cuarenta años, año 2020), limitar o corregir los efectos de este fenómeno en edificios, estructuras, sistemas o equipos y vigilar la evolución del levantamiento, tanto durante la construcción como durante la explotación, para verificar que no se exceden las hipótesis utilizadas en el estudio de Seguridad.
- Limitar en lo posible el fenómeno.

Al finalizar el proyecto, se continuaron los trabajos de seguimiento desde la ingeniería de apoyo a explotación, que además ha continuado la realización de análisis estructurales y la predicción del levantamiento al final de la vida de diseño, sobre el modelo predictivo adoptado.

Los resultados del programa aseguran que el levantamiento previsto después de los cuarenta años de vida de diseño no tendrá incidencia en la seguridad de la central. No obstante, se continuará en las líneas de vigilancia y modelización en curso.

CONSIDERACIONES FINALES

La ingeniería de apoyo a explotación de Centrales Nucleares ha venido demandando servicios de manera creciente en los últimos años y previsiblemente dicha demanda podrá aumentar todavía a medida que envejece el parque nuclear español. Adicionalmente las expectativas de construcción de nuevas centrales se han reducido y existe una tendencia a considerar el alargamiento de la vida como una solución económicamente atractiva y socialmente más aceptable que la instalación de nuevas centrales. Como conclusión de las consideraciones anteriores, se requerirán grupos de ingeniería muy ágiles y con alta preparación técnica para abordar los problemas de apoyo a explotación, cada vez más complejos y variados que surgen continuamente y lo harán en mayor medida en el futuro. Es por tanto evidente que para los profesionales del sector de la ingeniería nuclear el apoyo a explotación presenta un reto técnico interesante y un potencial importante de demanda de empleo.