

OTRAS APLICACIONES DE CÓDIGOS Y METODOLOGÍAS "BEST-ESTIMATE" ADICIONALES AL LICENCIAMIENTO

A. TANARRO

Junto a sus aplicaciones con fines de licenciamiento, los códigos termohidráulicos "best-estimate" o de mejor estimación presentan un amplio campo de posibles usos o aplicaciones adicionales, en las que se precisan resultados lo más realistas y fiables posible. A pesar de que muchas de estas aplicaciones se han llevado ya a la práctica con resultados satisfactorios, el uso de estos códigos para objetivos diferentes a los propios de los procesos de licenciamiento es menos conocido entre la comunidad nuclear en general. En este artículo se plantean algunas de estas aplicaciones, presentando sus características específicas mas notables.

INTRODUCCIÓN

Un código termohidráulico "best-estimate" (de mejor estimación) es un programa de ordenador conteniendo un conjunto complejo de modelos matemáticos cuyo objetivo es el cálculo, lo mas realista y preciso posible, de la evolución de los parámetros fundamentales implicados durante transitorios operacionales y accidentales en instalaciones termohidráulicas en general y nucleares en particular. Su alcance, exactitud y grado de realismo viene determinado por el conocimiento teórico y los datos experimentales existentes sobre los distintos fenómenos físicos que intervienen en dichas evoluciones y por los métodos de cálculo disponibles.

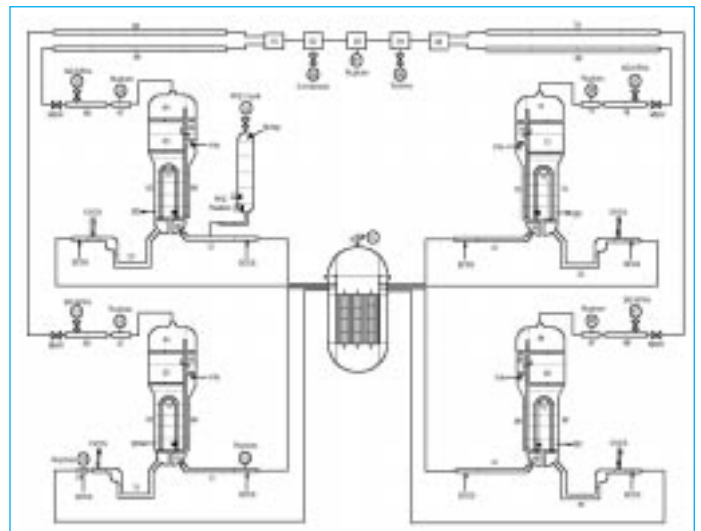
Los códigos "best-estimate" se diferencian fundamentalmente de los llamados códigos conservadores en que con aquellos se buscan resultados realistas, mientras que el objetivo de estos últimos es obtener envolventes bajo criterios conservadores de dichos resultados para fines de licenciamiento.

La utilización de programas de cálculo realistas para análisis de licenciamiento ha estado durante muchos años envuelta en una importante controversia. Por un lado, los códigos y programas conservadores proporcionan, como se ha indicado, envolventes en la dirección conservadora de las evoluciones consideradas, de forma que las posibles inexactitudes de los modelos deben quedar, en cualquier caso, englobadas dentro de los márgenes

conservadores resultantes. Sin embargo, siempre existe la posibilidad de que el propio planteamiento de las condiciones e hipótesis supuestamente conservadoras enmascare efectos en la dirección no conservadora que se podrían poner de manifiesto en un cálculo realista. Por otra parte, el excesivo conservadurismo a la hora de establecer los márgenes de operación, definidos como la diferencia entre el valor de los principales factores limitativos y los criterios de aceptación asociados, tiene un evidente impacto económico sobre la explotación de las centrales, al imponer límites a sus factores de operación que pudieran resultar en ocasiones excesivamente restrictivos. Por ello, desde hace varios años la tendencia de los organismos reguladores es permitir la utilización de ciertos códigos "best-estimate" para análisis de licenciamiento, pero con fuertes requisitos en lo relativo a garantizar la fiabilidad de los resultados que, según la tendencia de aceptación establecida, debe quedar demostrada por el correspondiente análisis de incertidumbres conforme a una me-

todología aprobada. Así, los requisitos reguladores establecen que el análisis debe demostrar que, con una gran probabilidad, no se excederán los criterios y límites fijados tomando en consideración los niveles globales de incertidumbre cuantificados de los modelos "best-estimate".

Pero junto a las citadas aplicaciones con fines de licenciamiento, los códigos termohidráulicos "best-estimate" presentan un amplio abanico de posibles usos o aplicaciones adicionales, en las que se precisan resultados realistas y en las que, en general, no son de aplicación los análisis de incertidumbres. A pesar de que



Nodalización PWR-4L para TRAC-PWR



Ejemplo de evaluación de POE's

muchas de estas aplicaciones se han llevado ya a la práctica con resultados satisfactorios, el uso de estos códigos para objetivos diferentes a los propios de los procesos de licenciamiento es menos conocido entre la comunidad nuclear en general. En este artículo se plantean algunas de estas aplicaciones, presentando de forma breve sus características específicas mas notables y señalando algunos ejemplos de las mismas.

EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE MODIFICACIONES DE COMPONENTES O SISTEMAS

Ante un problema identificado o una posibilidad de mejora de algún componente o sistema de una central, se pueden plantear distintas soluciones técnicas, implicando modificaciones en los componentes o sistemas existentes o la incorporación de otros nuevos. Los códigos termohidráulicos "best-estimate" resultan una herramienta de gran utilidad en el análisis asociado tanto al diseño de tales modificaciones como a su evaluación para seleccionar o priorizar entre distintas propuestas alternativas en base a criterios de efectividad, coste y viabilidad, suministrando información valiosa para distintos aspectos de estos procesos, como son:

- valorar de forma preliminar el efecto de la modificación sobre los márgenes de operación y si resulta aceptable desde el punto de vista de la normativa reguladora aplicable.
- comprobar posibles impactos adversos o no previstos sobre otros componentes o sistemas implicados.
- evaluar la respuesta del sistema cuando se trata de modificaciones que implican diseños innovadores, para los cuales existe escasa o ninguna experiencia operacional

En España, un análisis riguroso utilizando el código RELAP 5/MOD 2 y apoyándose en resultados del programa COBRA sirvió para justificar la no necesidad de incorporar el sistema AMSAC (Automatic Mitigation System Actuation Circuit) para mitigación de ATWS (Anticipated Transient Without Scram) en la central nuclear José Cabrera, en base al dimensionado de determinados componentes de la central.

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN DE EMERGENCIA

Dentro de las estrategias generales de mitigación de accidentes, los Procedimientos de Operación de Emergencia (POE's) definen las acciones del personal de operación ante condiciones anormales o de accidente. Dichas acciones deben ir siempre dirigidas a llevar la central a una condición estable y segura, minimizando las posibles consecuencias adversas del suceso.

Los análisis con códigos "best-estimate" relacionados con la elaboración o el desarrollo de procedimientos de operación de emergencia incluyen todos los cálculos necesarios para seleccionar y

- entre distintas soluciones alternativas, determinar cuales son igualmente eficaces para el cumplimiento de los objetivos fijados, lo que justificaría basar la toma de decisión en criterios de coste y planificación.

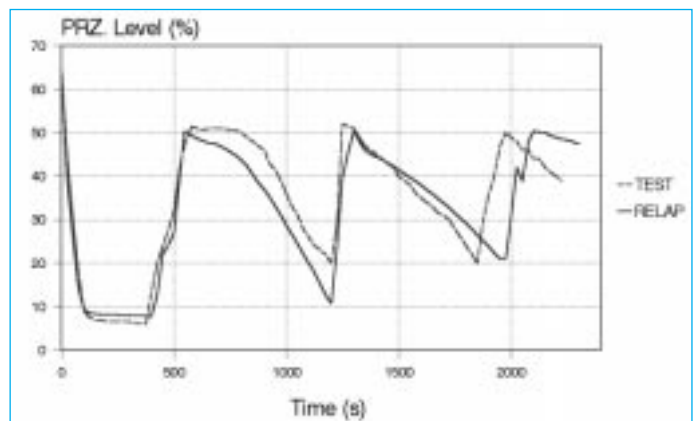
En varias centrales americanas (Point Beach, Haddam Neck) y europeas (Bezau, Doel) se ha utilizado este tipo de aplicaciones como soporte para proyectos es-

optimizar la estrategia de recuperación, definir variables claves a vigilar por el operador, proporcionar datos para "set-points" o valores de estas variables ante los que el operador debe intervenir con una acción determinada y, en general, suministrar la mayor parte de los cálculos específicos de la planta y necesarios para la elaboración de los POE's.

Por su parte, los análisis de apoyo para la evaluación o validación de POE's tienen como objetivo fundamental determinar que las acciones especificadas en los procedimientos pueden ejecutarse de forma adecuada y dentro de una secuencia temporal razonable por operadores suficientemente preparados y, de forma general, que la gestión del accidente es la mas viable y apropiada y que cumple el objetivo de llevar la planta a una condición estable y segura y de minimizar las posibles consecuencias perjudiciales del suceso.

Este tipo de objetivos requiere de los análisis ciertas peculiaridades, entre otras:

- la necesidad de un enfoque realista cobra una relevancia aún mayor en este caso, por cuanto se trata de determinar de la forma mas concreta y precisa posible las acciones del operador para lograr una recuperación óptima ante unas circunstancias reales y sus indicios asociados
- resulta fundamental modelar adecuadamente la instrumentación disponible, y basarse únicamente en sus lecturas o en la información que pueda deducirse de las mismas a la hora de establecer o evaluar los pasos de chequeo, diagnóstico o decisión dentro de los procedimientos. Si se planteara la conveniencia de establecer una toma de decisión basada en una información proporcionada por el cálculo y no disponible en la instrumentación de proceso, se deberá estudiar la posibilidad de deducir tal información en base a lecturas o medidas alternativas de la instrumentación o, incluso, de proponer ampliar el alcance de ésta en el diseño



Nivel presionador experimental y calculado (LOBI BL-40)

- el funcionamiento y el efecto de los sistemas o las señales obtenidas de la instrumentación asociada deben ser considerados en los análisis aún cuando aquellos queden fuera del alcance del modelo, planteándolos si es necesario como hipótesis o condiciones de contorno del cálculo (por ejemplo, considerar el diagnóstico de una rotura de tubos de generador de vapor en base a una señal de radiación en el condensador, no evaluada normalmente por los modelos disponibles en los códigos)

- se deben plantear hipótesis realistas en lo relativo a los tiempos de reacción y actuación de los operadores, realizando, si se estima conveniente, estudios de sensibilidad para evaluar márgenes de tiempo y determinar el procedimiento óptimo. Dicho procedimiento óptimo debe contemplar los factores humanos implicados. En este sentido, la norma ANSI/ANS-58.8-1994 establece que si los análisis determinan que los sistemas de instrumentación y proceso de alarmas no proporcionan al operador el tiempo suficiente para realizar las acciones requeridas para mitigar las consecuencias de sucesos base de diseño, antes de superar los límites establecidos, tales acciones deben ser automatizadas, y el problema es entonces de diseño.

- la estrategia de recuperación no debe basarse, sin embargo, en hipótesis excesivamente conservadoras en cuanto a la secuencia temporal de las acciones del operador, planteando tiempos de reacción mas largos de lo razonable. La citada norma ANSI/ANS-58.8-1994 establece criterios para la estimación de tiempos de respuesta de los operadores para distintos escenarios y condiciones, basados fundamentalmente en medidas obtenidas en sesiones de simulador y que pueden, por tanto, considerarse referencias realistas.

- como último paso a los procesos de elaboración o validación de POE's, resulta aconsejable reproducir los escenarios considerados en los análisis best-estimate en un simulador réplica, en orden a realizar una "validación ergonómica" combinada de los mismos y de la configuración de la sala de control.

Dentro de este tipo de actividades, TECNATOM cuenta con interesantes experiencias en las que se ha demostrado la utilidad de estos códigos, como son la realización de los cálculos de apoyo con RELAP 5/MOD 2 para la validación en sala de control de los POE's de centrales PWR, o la evaluación del rango de aplicabilidad de las Guías de Respuesta a Emergencia (ERG's) genéricas de Westinghouse al reactor avanzado AP-600, mediante cálculos con el código

de Westinghouse TREAT-AN y con RELAP 5/MOD 3.

En la actualidad, en el marco de proyectos TACIS y PHARE de la Comunidad Europea, así como de otros auspiciados por la IAEA, se está trabajando en la adaptación y mejora de los POE's en vigor en las centrales de diseño soviético (WWER y RBMK), sustituyendo la filosofía "orientada a sucesos" por el enfoque occidental de procedimientos "orientados a síntomas". En los análisis soporte para estos proyectos se utilizan distintas versiones de códigos "best-estimate"

ANÁLISIS DE SEGURIDAD

Los códigos termohidráulicos realistas se utilizan para el desarrollo de cálculos soporte de gran cantidad de análisis cuyo objetivo final es la evaluación de los niveles de seguridad de una central, fuera del ámbito del licenciamiento o, incluso, como apoyo a éste. En este tipo de actividades se pueden encuadrar los cálculos soporte de Análisis Probabilísticos de Seguridad, que se tratan de forma específica en el apartado siguiente, así como muchos otros destinados, en general, a analizar la capacidad de la planta para hacer frente a fallos y malfunciones o la necesidad de sistemas de protección y salvaguardia, incluyendo los niveles de redundancia, la operabilidad de sistemas necesaria (definida en las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento de la central), etc.

Dada la diversidad de este tipo de cálculos, no resulta fácil definir unas características o requisitos específicos y característicos de los mismos. De forma bastante general se podría incidir en :

- el alcance y el rango de aplicabilidad del código empleado debe estar bien definido y ser tomado en consideración a la hora de emplearlo para un determinado análisis.

- el alcance de los modelos de planta deberá ser lo mas amplio posible, de cara a que el cálculo pueda reflejar el efecto de o sobre otros sistemas distintos a los considerados como principales para el escenario postulado

- los análisis de sensibilidad, así como el cálculo de escenarios alternativos con la intervención o no de sistemas seleccionados pueden resultar fundamentales dependiendo del transitorio postulado y el objetivo del análisis.

Dentro de este apartado se podrían citar gran cantidad de experiencias. Algunos de los trabajos desarrollados en esta línea en TECNATOM han consistido, por ejemplo, en :

- estudios paramétricos con RELAP 5/MOD 2 del arrastre de líquido por el vapor y del llenado del generador de va-

por en el accidente de rotura de tubos.

- análisis paramétricos con RELAP 5/MOD 2 del tiempo que tardaría en producirse el pico en la temperatura de vainas (dry-out) en una central nuclear PWR en un escenario postulado de pérdida total de corriente alterna y para distintos caudales supuestos de fuga a través de los sellos de la bomba. Las conclusiones obtenidas de estos análisis se utilizaron en el desarrollo del APS de Nivel 1 de la central

CÁLCULOS SOPORTE PARA DESARROLLO DE APS

El Análisis Probabilista de Seguridad (APS) tiene por objeto cuantificar el riesgo asociado a una central. Consiste, en grandes líneas, en el planteamiento de las distintas secuencias accidentales y la cuantificación de su probabilidad y frecuencia y de sus consecuencias.

Para el desarrollo del APS, se precisa disponer por tanto de modelos probabilísticos de las centrales. Tales modelos representan la respuesta de cada planta en términos de secuencias de sucesos ante un suceso iniciador planteado. Las secuencias representan el comportamiento de la central dependiendo del éxito o el fallo de los sistemas que desarrollan las funciones de seguridad, y se definen a través de los llamados árboles de fallos.

La definición de los árboles de fallos incluye determinar los criterios de éxito, la secuencia cronológica de los sucesos y los estados finales de las distintas secuencias. Para tales análisis se utilizan los resultados de cálculos con códigos de accidentes severos, cuyas condiciones de contorno termohidráulicas se extraen frecuentemente de cálculos complementarios con códigos y métodos "best-estimate". En otros casos se emplean programas que amplían el alcance de los códigos termohidráulicos "best-estimate" dotándoles de la capacidad de calcular situaciones con daño al núcleo (por ejemplo el código SCDAP/RELAP). Finalmente, en aquellos casos en que se emplean los "paquetes termohidráulicos", generalmente mas simples, de los propios códigos de accidentes severos (por ejemplo el código MAAP), los códigos termohidráulicos "best-estimate" son utilizados frecuentemente para la cualificación de estos y de sus modelos asociados

Entre las características típicas de los cálculos soporte de APS con códigos termohidráulicos "best-estimate" se pueden citar las siguientes :

- el rango de aplicabilidad del código utilizado deberá incluir condiciones de plena y de baja potencia, así como



Simulador réplica BWR de TECNATOM

situaciones de parada, todo ello dependiendo del alcance del APS específico.

- las condiciones de contorno vendrán definidas por el modelo del APS. Ello significa tomar en consideración la actuación y el consiguiente efecto de los sistemas de seguridad, los sistemas que intervienen en la operación normal y las acciones del operador que puedan jugar un papel en la evolución del transitorio o accidente.

- los criterios de aceptación deben venir definidos por el APS, dependiendo de su alcance (Nivel 1 o 2), así como los estados finales de las secuencias planteadas. El apoyo al APS de nivel 1 se basa fundamentalmente en la cuantificación de equipos mínimos requeridos para garantizar la seguridad del núcleo (criterios de éxito) y la colaboración en el área de la fiabilidad humana (determinación de tiempos disponibles antes del deterioro del núcleo para realizar acciones mitigadoras en secuencias accidentales). Para el nivel 2, se realizan análisis para determinar tiempos y mecanismos de daño en el combustible, para la simulación de medidas de gestión accidental, etc.

FORMACIÓN DE PERSONAL

Los códigos termohidráulicos presentan una utilidad clara para las actividades de formación del personal, aportando capacidades importantes para mejorar la eficacia de las sesiones lectivas de los programas de formación específicos de cada central, entre ellas:

- generación de material para cursos de termohidráulica y análisis de accidentes basado en resultados específicos de la central.
- generación de datos de la evolución de los transitorios mas críticos o relevantes en la central.
- utilización de los códigos y modelos asociados "on-line" en las sesiones de formación, con el apoyo de interfaces gráficas, como el NPA de RELAP 5 u otras análogas, que facilitan una visión con-

ceptual de la fenomenología asociada a los transitorios

DESARROLLO Y VALIDACIÓN DE SIMULADORES

El estudio de la experiencia operativa de la industria demuestra que la mayor parte de los problemas e incidentes registrados están relacionados con fallos y errores humanos. Ante esta realidad, cobra una importancia cada vez mas relevante la adecuada formación del personal de las centrales y, en el caso particular del personal de operación, ello conduce

a la necesidad de aplicar tecnologías de simulación que combinen la flexibilidad necesaria para analizar todo el rango de condiciones de la planta con una gran fiabilidad en el realismo y exactitud de la respuesta ofrecida.

Las capacidades computacionales actuales permiten el uso de ciertos códigos termohidráulicos y neutrónicos "best-estimate" como software básico de dispositivos de simulación. Esta aplicación plantea dos requisitos fundamentales que, junto a otras, deben cumplir estos códigos:

- 1.- ejecución en tiempo real a todo lo largo de los cálculos soporte de las sesiones de entrenamiento.
- 2.- naturaleza interactiva, con el fin de permitir la interconexión con el hardware del simulador, interfaces gráficas y programas auxiliares.

TECNATOM tiene una amplia experiencia en la adaptación y aplicación de códigos "best-estimate" para simuladores de entrenamiento, tanto réplica de sala de control como gráficos interactivos y abarcando el alcance total. Dicha experiencia proviene fundamentalmente de la aplicación a simuladores de centrales de distintas tecnologías de los códigos en tiempo real TRAC-PWR y TRAC-S. Dichos códigos fueron desarrollados por TECNATOM, con la colaboración de General Electric en el caso de TRAC-S.

Entre las aplicaciones citadas se incluyen simuladores de centrales con tecnología americana de agua a presión (CN Almaraz, CN Ascó, CN José Cabrera, CN Vandellós) o agua en ebullición (CN Cofrentes), o tecnología alemana, tanto de agua ligera como de agua pesada (CN Atucha).

Actualmente se encuentran en fase de desarrollo el modelo del NSS de la central de Lungmen, del tipo ABWR y diseño de General Electric, para el código TRAC-S, y el de la central de Grafenrheinfeld, del tipo PWR-4L de KWU para el código TRAC-PWR. También se ha evaluado la

aplicabilidad de TRAC-PWR a la tecnología WWER mediante la utilización con éxito del código para el cálculo post-test del experimento SPE-4 en la instalación experimental PMK-2, cuya referencia es la central húngara de Paks.

Por otra parte, la verificación y validación de los simuladores de entrenamiento requiere la comparación de su respuesta ante escenarios y modos de operación dentro del rango de su alcance con datos de referencia realistas y fiables. En lo posible, se aprovechan para este propósito registros de la planta real de referencia. Sin embargo, dados los pocos accidentes graves registrados en la industria nuclear, no se dispone afortunadamente de datos reales con los que comparar la respuesta de los simuladores ante tales escenarios que, sin embargo, resultan básicos en el programa de formación del personal de operación. Esta "deficiencia" se cubre con los resultados ofrecidos por los códigos "best-estimate" calculando sobre modelos específicos de la central en cuestión.

DEFINICIÓN Y ANÁLISIS DE TRANSITORIOS EN INSTALACIONES EXPERIMENTALES

Aparte de los ejercicios de "assessment" de códigos basados en el cálculo "ciego" previo o pre-test de la evolución de los parámetros en instalaciones termohidráulicas experimentales, o en la reproducción de la evolución registrada posterior al experimento o cálculo post-test, los códigos termohidráulicos constituyen una herramienta fundamental para la propia definición del experimento.

Así, la definición cuantitativa de todos los parámetros y condiciones contribuyentes a la evolución del experimento previamente a la realización de este precisa de análisis termohidráulicos realistas para calcular y, en su caso, optimizar los valores y tendencias de dichos parámetros y variables, con el fin de imponer la evolución mas apropiada para la observación de la fenomenología en estudio. Entre tales parámetros y condiciones a determinar se pueden citar:

- el tiempo total del experimento
- la secuencia temporal
- los puntos de tarado o tiempos de actuaciones
- la evolución de las principales variables, incluyendo valores máximos y mínimos, sobre todo cuando estos tengan efectos sobre la seguridad del experimento
- las condiciones mas apropiadas para la fenomenología que se desea observar y los fenómenos adicionales previsibles
- la viabilidad del experimento en base a las características de la instalación y a consideraciones de seguridad

- los análisis paramétricos y de sensibilidad para apoyar a la toma de decisiones "ad-hoc" durante el experimento y en base a la evolución observada

En TECNATOM existe experiencia en este campo adquirida a través de la participación en los cálculos pre-test con RELAP 5/MOD 2 para la definición y especificación del experimento BL-40, desarrollado en la instalación LOBI del Joint Research Center (Ispra, Italia). Se trataba de un experimento operado, cuyo objetivo era validar experimentalmente el Procedimiento de Operación de Emergencia E-3 para rotura de tubos en una central española. Adicionalmente a los análisis para la especificación del experimento, se realizaron varios cálculos paramétricos de sensibilidad sobre el coeficiente de descarga de la válvula que representaba la rotura de tubos, que sirvieron de base para la toma de decisiones "ad-hoc" durante el experimento.

DEFINICIÓN Y ANÁLISIS DE PRUEBAS DE INSPECCIÓN Y EVALUACIÓN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO O CORRECTIVO

Los códigos y programas de cálculo termohidráulico realistas tienen también aplicaciones para otras actividades de la central como son la inspección y el mantenimiento. En el caso de la inspección se han realizado análisis con este tipo de herramientas para, por ejemplo :

- estimaciones preliminares cuantitativas de la magnitud de grietas o roturas en base a valores medidos o estimados de caudales, inventarios, niveles, niveles de radiación, etc.
- definición o especificación de pruebas de inspección, determinando los valores óptimos de las variables o parámetros impuestos para obtener los mejores resultados de las variables a evaluar, esto es, resultados dentro de rangos fácilmente medibles o valores impuestos para los cuales los parámetros que se de-

sea medir sean mas sensibles

En el caso del mantenimiento, los departamentos correspondientes de las centrales pueden acudir en ocasiones al personal de ingeniería en demanda de información sobre el efecto o las mejores condiciones para la realización de algunas de sus actividades propias, por ejemplo :

- estimación del efecto sobre las condiciones nominales de la planta de determinadas actividades, como pueden ser el taponado de tubos de generadores de vapor
 - medidas de rendimientos
 - viabilidad de descargos y posibles efectos sobre márgenes de operación para distintas condiciones de la central
- Como ejemplo de este tipo de aplicación, en TECNATOM se han realizado estudios de sensibilidad con el código RELAP 5/MOD 3.2 para evaluar la viabilidad de determinadas pruebas de inspección diseñadas para medir el "fouling" o grado de ensuciamiento de los tubos de generador de vapor

APLICACIONES Y LÍNEAS DE DESARROLLO FUTURAS

Las aplicaciones futuras de los programas de cálculo termohidráulico "best-estimate" van muy ligadas al desarrollo de la capacidad de computación. Dado que, hoy día, podemos considerar que dicho desarrollo presenta una evolución exponencial y que, por otra parte, en las aplicaciones y usos futuros a corto y medio plazo juega un papel importante las consideraciones legales y administrativas relativas al uso comercial de algunos de estos programas, solo cabe citar estimaciones o previsiones personales. En este sentido, y considerando también los desarrollos actuales, las líneas de investigación abiertas o propuestas y los requerimientos y demandas de los distintos mercados implicados, pueden señalarse las siguientes líneas de desarrollo :

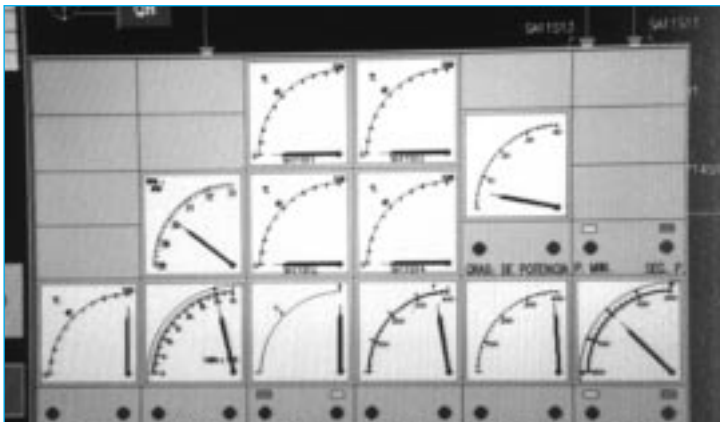
- desarrollo continuado de modelos físicos mas completos y precisos, como por ejemplo la utilización mas amplia de modelos tridimensionales, tanto de los fenómenos termohidráulicos como de los neutrónicos.
- optimización y mejora de métodos numéricos
- aceleración de programas vía hardware o software, como por

ejemplo mediante procesos de paralelización

- mejora de interfases gráficas
- aplicación creciente de programas "best-estimate" a la simulación en tiempo real
- conexión de este tipo de software a la instrumentación y ordenadores de proceso para sistemas de inicialización en línea de simuladores y códigos
- en línea con lo anterior, modelos predictores ejecutándose más rápido que tiempo real

CONCLUSIONES

De los campos de aplicación mencionados y de los ejemplos expuestos en los apartados anteriores, se deduce que el rango de aplicación de los llamados códigos termohidráulicos "best-estimate" va más allá de su utilización exclusiva para análisis de licenciamiento. Las aplicaciones mostradas, así como muchas otras que se podrían desarrollar, se basan, precisamente, en el carácter de "mejor estimación" (best-estimate) de estos programas, consistente no sólo en su capacidad para proporcionar resultados realistas (frente a los resultados conservadores de los códigos de licenciamiento y seguridad utilizados hasta hace poco), sino también en constituir programas cuyo alcance viene dado por el conocimiento existente y los datos disponibles sobre los fenómenos físicos que modelan y por el grado de avance de los métodos de cálculo (el llamado "estado del arte")



Ejemplo de pantalla Simulador Gráfico Interactivo de C.N. Atucha 1



Agustín TANARRO ONRUBIA es Ingeniero Industrial por la ETSI de Madrid. En 1988 ingresó en TECNATOM S.A., en el Departamento de Informática y Simulación como ingeniero de simulación y códigos termohidráulicos. Como tal, ha participado en proyectos nacionales (Desarrollo y Validación de Simuladores, Análisis de POE's, Asistencia Técnica a CC.NN., etc.) e internacionales (ICAP, CAMP, LOBI, SPE's), así como en misiones del OIEA como experto en termohidráulica.