

INSPECCION EN SERVICIO, UNA FORMA DE AUMENTAR LA SEGURIDAD

Antonio ALONSO, Germán ARRANZ y Luis YAGÜE



Antonio ALONSO RAMOS ingresó a finales de 1972 en Tecnatom, S. A. Actualmente es Jefe de la Sección de Explotación del Departamento de Técnicas Especiales, siendo responsable del desarrollo de los programas de Inspección en Servicio, ejecución de ensayos no destructivos manuales, corrientes inducidas, pruebas funcionales y de recintos de contención, reparación y prueba de amortiguadores, calificación de equipos eléctricos, evaluaciones y análisis especiales (mecánica de fractura) y cumplimiento de los programas de vigilancia de vasijas de reactores.

Germán ARRANZ SANZ, desde 1976 en Tecnatom, S. A., es en la actualidad Jefe del Grupo de Ingeniería de la Sección de Explotación, siendo responsable de la preparación de los programas de inspección en servicio y de la revisión del diseño de la central nuclear para verificar la viabilidad de dichos programas.

Luis YAGÜE DE ALVARO ingresó en 1974 en Tecnatom, S. A. En la actualidad Jefe del Grupo de Operaciones de la Sección de Explotación, siendo responsable de la realización de inspecciones manuales de END, preoperacionales y en servicio, así como de los análisis de mecánica de fractura y vigilancia de materiales de vasija relacionados con las anteriores.

Actualmente se entiende por Inspección en Servicio (ISI) en el campo nuclear al conjunto de inspecciones, mediante ensayos no destructivos (END) y pruebas funcionales (PF), que se requiere realizar durante la vida de servicio en una central. Estas inspecciones están encaminadas a verificar y asegurar; periódicamente, que la integridad estructural y la capacidad operacional de los componentes relacionados con la seguridad se mantienen dentro de los márgenes especificados en el diseño. Es decir, es una medida periódica de la degradación que se pueda producir como consecuencia del funcionamiento de la central; de los resultados de estas medidas se derivan, naturalmente, las acciones correctoras que se requieran para poder volver a poner en funcionamiento la central con los márgenes de seguridad establecidos.

NORMATIVA

Se puede asegurar, al menos para los reactores refrigerados por agua ligera, que en todos los países del mundo la ISI es un requisito legal para la operación de la central y que, en general, este requisito se satisface aplicando la Sección XI del Código ASME.

Analizando la evolución de esta normativa desde su aparición en 1970 hasta la actualidad —incluyendo los requisitos de inspección establecidos en las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento de centrales en operación con anterioridad a 1970—, se puede concluir que, inicialmente, estos requisitos eran una reconversión, con el natural aumento de exigencias, de las inspecciones periódicas que se realizan en las centrales convencionales que, salvo en algunos casos en los que se aplica en componentes relacionados con la seguridad, están encaminadas, como mantenimiento preventivo, a aumentar la disponibilidad de la central previniendo y, por tanto, programando con suficiente anterioridad, posibles reparaciones que de forma imprevista, producirían costosas paradas. Sin embargo, éste no ha sido nunca el objetivo fundamental de la ISI, ya que los requisitos de la normativa aplicable siempre han estado dirigidos, y cada día más, a aquellos componentes relacionados con la seguridad. Es más, actualmente la ISI hay que considerarla como una base más de diseño y, como tal, directamente relacionada con la calidad-seguridad requerida para cada componente en particular de una central. Así, por ejemplo, existe el requisito de seleccionar para ISI, mediante ensayos no destructivos, aquellas áreas de tuberías en las que la concentración de tensiones superen un determinado valor, cuando, anteriormente, se podían seleccionar al azar. Asimismo, los límites de aceptación de las indicaciones de defectos detectadas por END, están, actualmente, desarrolladas en función del tamaño de defecto postulado en el diseño estructural resistente de cada componente y, por consiguiente, en función de los coeficientes de seguridad establecidos en el diseño.

De todo lo anterior se puede deducir que el objetivo fundamental de la ISI es verificar periódicamente la seguridad de la central, si bien no se puede olvidar el gran incentivo que supone su doble vertiente, al ser, al mismo tiempo, una garantía de la disponibilidad de la central. Por un lado, si existe algún problema identificado, se puede establecer mediante ISI el alcance del problema, la

REQUISITOS ISI EN END

Clase	Alcance de los exámenes	Extensión de los exámenes por intervalo de inspección
1	Soldaduras circunferenciales, longitudinales, meridionales y toberas en recipientes a presión.	Todas las soldaduras (1) y todas las toberas.
	Tornillería a presión	Todos los pernos, tuercas, arandelas y zona roscada de un componente múltiple (2).
	Soportes soldados en recipientes a presión, bombas y válvulas.	Todos los soportes de uno de los recipientes, bombas o válvulas múltiples.
	Soldaduras circunferenciales en tubería de $\varnothing > 1"$	Todas las soldaduras que superen un nivel tensional (mínimo 25 % del total) (3).
	Soldaduras en carcassas de bombas y válvulas.	Todas las soldaduras de una de las bombas o válvulas múltiples.
	Partes internas de la vasija del reactor y de bombas y válvulas.	Parte interna de uno de los componentes múltiples.
2	Tubos de los generadores de vapor	3 % de la superficie de transmisión de calor.
	Soldaduras en recipientes a presión.	Discontinuidades estructurales de un componente múltiple.
	Toberas, soldaduras circunferenciales en tubería (3), soldaduras en carcasa de bombas y válvulas, soportes soldados.	Áreas que presentan al menos dos grados de restricción frente a la expansión térmica, soldaduras de un componente múltiple, áreas de tensión y otras hasta unos mínimos comprendidos entre el 10 y el 25 % del total.
3	Tornillos mayores de $\varnothing 2"$	Todos pertenecientes a los componentes y tuberías requeridos a ISI por el apartado anterior.
	No se requieren END	

necesidad de una reparación y cuándo la central puede volver a ponerse en servicio de una manera segura. Por otro lado, es económicamente rentable detectar degradación en componentes cuya reparación o sustitución pueda realizarse antes de que ocurra el fallo del mismo, lo que supone también una gran ayuda a la disponibilidad de la central.

ALCANCE

Un error muy generalizado, respecto al alcance de la ISI, es considerar que únicamente consiste en la verificación de la integridad estructural de componentes mediante ensayos no destructivos (END). Adicionalmente a estos requisitos, y con la misma o mayor importancia desde el punto de vista de la seguridad, hay que considerar las pruebas funcionales (PF) tanto de sistemas como de componentes y estructuras, las cuales, están encaminadas a demostrar mediante pruebas periódicas que se mantiene la capacidad operacional prevista en el diseño. Es decir, la ISI abarca actualmente la verificación tanto de la integridad estructural, que se comprueba mediante END, como la capacidad operacional, que se comprueba mediante PF. Ambos aspectos son fundamentales para poder garantizar la operabilidad de un sistema y, por tanto, la seguridad que aporta el funcionamiento correcto de este sistema.

Mención especial merece un requisito adicional, al que normalmente no se le da la importancia real que tiene, y que no puede encuadrarse claramente ni en END ni en PF. Se trata de las pruebas hidrostáticas, las cuales establecen, sin duda, los requisitos más exigentes de ISI, ya que dichas pruebas han de realizarse en unas condiciones de presión y temperatura bajo las cuales, las sollicitaciones a las que se están sometiendo los materiales objeto de estas pruebas son casi extremas. La realización de dichas pruebas es una garantía de la integridad estructural de los componentes y en condiciones más duras que las correspondientes a las de operación normal de la central.

ASIGNACION DE TECNICAS ISI

La asignación de los requisitos de ISI a cada componente de una central nuclear se realiza en base a la función de seguridad que se le haya asignado en el proyecto. Es de general conocimiento que los componentes de una central se tienen que clasificar en grupos (CLASES) de acuerdo con la función de se-

guridad que tienen que realizar en cualquier modo de operación. Asimismo, también son conocidos los criterios de clasificación de componentes (R. G. 1.26 y ANSI en centrales americanas, RSK en centrales alemanas) y la existencia de unos requisitos mínimos de diseño asignados a cada Clase, tanto más exigentes cuanto más importante sea la función de seguridad requerida. De forma similar están establecidos los requisitos de ISI de END, es decir, para cada Clase de Seguridad existen unos requisitos particulares de END, tanto más exigentes en extensión y frecuencia, cuanto mayor es la función de seguridad. Los requisitos de PF, si bien son independientes de la clase, se establecen de acuerdo con la función de seguridad que tiene que realizar el componente o sistema en particular.

Tomando como ejemplo una central americana, la aplicación de los requisitos de la Sección XI del Código ASME nos llevaría, de forma muy general, a la siguiente asignación de técnicas de inspección:

- END - Componentes y tuberías de Clases 1 y 2 en sistemas que contienen agua o vapor a presión.
- PF - Amortiguadores hidráulicos y mecánicos de componentes y tuberías de Clases 1, 2 y 3.

NOTAS A LA TABLA 1

- (1) Sólo para el primer intervalo; en sucesivos intervalos la inspección, se extiende esencialmente, a una soldadura de cada tipo en cada recipiente.
- (2) Componente múltiple se refiere a aquél que realizando una función similar está repetido en la central y en clase de seguridad.
- (3) Se incluyen también las zonas de intersección de las soldaduras longitudinales con las circunferenciales requeridas en una extensión dependiente de la Clase de Código. Las soldaduras en tubería de Clase 2 sólo están requeridas a END si su diámetro supera cuatro pulgadas.

- PF - Válvulas de Clases 1, 2 y 3 relacionadas con la seguridad
- PF - Bombas de Clases 1, 2 y 3 relacionadas con la seguridad y estén provistas de una fuente de alimentación de emergencia
- P. Hidrostáticas - Componentes y tuberías de clases 1, 2 y 3.

Naturalmente, el Código establece, asimismo, una serie de criterios de acuerdo con los cuales se pueden excluir de los requisitos de ISI ciertos componentes que, por su tamaño o función, su fallo no repercutiría en la seguridad de la central.

Por otro lado, los requisitos establecidos hay que satisfacerlos al 100 % antes de la puesta en marcha (Inspección Preoperacional) y a lo largo de la vida de la central (Inspección de Servicio), normalmente durante las paradas para

REQUISITOS ISI DE SOPORTES

Requisitos	Exámenes	Frecuencia y alcance
ASME XI	Estructural y de comprobación de tarado o posición	Todos los soportes y amortiguadores de un lazo o componentes entre múltiples existentes de cada sistema, cada PERIODO DE INSPECCION.
	Prueba funcional	10 % de los amortiguadores (Mecánicos e hidráulicos) cada PERIODO DE INSPECCION
Especificaciones técnicas	Estructural y de comprobación de tarado o posición	Todos los amortiguadores hidráulicos después de 4 meses y antes de 6 desde la criticidad inicial y posteriormente cada 18 meses o menos de acuerdo con los resultados obtenidos.
	Prueba funcional	10 amortiguadores hidráulicos cada 18 meses en recarga.
Otros	Estructural y de comprobación de tarado o posición. Prueba funcional	Todos los amortiguadores mecánicos antes de finalizar las operaciones de la primera recarga.

recargar, en extensiones y frecuencias preestablecidas. (Las tablas 1 a 4 resumen los requisitos de ISI para los distintos exámenes y pruebas).

La inspección preoperacional (PSI) no está encaminada a aceptar las inspecciones y pruebas de fabricación, las cuales son y deben ser independientes de ISI. Por el contrario, es un chequeo independiente de todo el proceso de fabricación y tiene como objetivo fundamental establecer una base de referencia, es decir, registrar el estado en el que la central entra en operación, a fin de poder determinar la degradación originada durante el funcionamiento, al comparar los resultados de las sucesivas inspecciones en servicio con los resultados de la inspección preoperacional.

La inspección durante la vida de servicio está encaminada, fundamentalmente, a detectar posibles defectos causados por el funcionamiento y a seguir su evolución de tal forma que, en cualquier momento, se pueda asegurar el mantenimiento de los coeficientes de seguridad establecidos en el proyecto.

Los requisitos ISI de ASME para END, aunque asignados en base a la Clase de Seguridad de cada componente y teniendo en cuenta el diseño (en base a la situación tensional de cada unión soldada), no dejan de ser un muestreo y, como tal, deben tomarse como requisitos mínimos. La experiencia ha mostrado que la influencia de factores tales como el tipo de material, la disposición física de los componentes, la química utilizada, el historial operativo, etc., en los defectos generados por el servicio es tal que se podría hablar de defectos tipo casi a nivel central. No obstante, cuando se detecta algún defecto de este tipo, se genera normativa, con el mismo carácter legal que ASME XI (NUREG, IE-Bulletin, etc.) que complementa sus requisitos y aplica, al menos, a todas las centrales del mismo tipo y diseño que en la que se detectó el defecto.

Mayor acierto, si cabe la expresión, ha conseguido ASME XI en las pruebas funcionales, probablemente, porque estos requisitos son más específicos a cada tipo de componente y quizás, por la elevada frecuencia de pruebas que se requiere. No obstante, también se han detectado fallos en servicio que al igual que en END han derivado en una complementación de la normativa. En ambos casos, estos requisitos complementarios han sido propuestos, algunas veces, por los suministradores del NSSS, e incluso por las propias compañías eléctricas, con antelación a la autoridad, de lo que se puede deducir la concienciación que existe actualmente, a todos los niveles, de la importancia que tiene la ISI desde el punto de vista de la seguridad.

END

Partiendo de la base de que las inspecciones preoperacionales tratan de establecer una garantía de que no existen defectos que rebasen unos límites cuya degradación en servicio cuestione la seguridad de los componentes o sistemas, y que las inspecciones en servicio tratan de detectar defectos que se originen por el funcionamiento, se establecen las técnicas de inspección por END.

Como un compendio de la experiencia en la detección de defectos, las distintas normativas fijan tres tipos de técnicas para la detección de defectos: volumétrica, superficial y visual.

La técnica volumétrica consiste en la detección de defectos en el interior de los materiales de componentes (abiertos o no a la superficie). Dentro de esta técnica destacan radiografía y ultrasonidos. Así como hace algunos años la técnica radiográfica era la más empleada para las inspecciones, fundamentalmente para las preoperacionales, en la actualidad a los ultrasonidos se les da prioridad casi absoluta, debido a que posicionan y dimensionan en tres dimensiones

con más exactitud; asimismo, los criterios de aceptación de la normativa presuponen, para inspecciones en servicio, el empleo de ultrasonidos.

Todas las técnicas volumétricas tienen sus limitaciones; en el caso de los ultrasonidos estriban en que para cada tipo de defecto a localizar existe una modalidad óptima de la técnica con la que se obtiene la máxima fiabilidad. Así, no es lo mismo un procedimiento específico para detectar laminaciones, que faltas de fusión o grietas originadas por corrosión intergranular. Por todo esto, en la actualidad, se tiende a programas selectivos en base a problemas detectados en determinados tipos de componentes con procedimientos enfocados a localizar un determinado tipo de defecto, sin olvidar, no obstante, que la normativa establece unos requisitos generales que se deben considerar como mínimos.

Tratamiento especial requiere el examen por ultrasonidos de aceros inoxidables ya que, en algunos casos concretos, es necesario desarrollar procedimientos específicos encaminados a mejorar la fiabilidad que se obtendría al aplicar las técnicas derivadas directamente de la normativa. En este campo se están concentrando grandes esfuerzos de investigación, tanto a nivel nacional como internacional, estando en desarrollo el empleo de palpadores especiales o de sistemas más o menos sofisticados de registro y comparación de señales. De momento, la técnica más adecuada se basa en la utilización de maquetas a escala 1:1 como bloques de calibración, para cada tipo de tubería, diámetro, espesor y configuración de soldadura. También hay que hacer mención que, si bien desde el punto de vista de los END, los aceros inoxidables presentan un desafío, no lo es desde el punto de vista de la seguridad, ya que la probabilidad de su rotura de forma catastrófica (rotura frágil) es prácticamente nula. Otros casos en los que se adoptan soluciones similares a las expuestas para aceros inoxidables son en aquellas áreas de difícil geometría y en las uniones entre metales diferentes.

La normativa referente a los requisitos de realización de ensayos no destructivos tiene una finalidad clara, desde el punto de vista de la seguridad, y es garantizar la no existencia de defectos que puedan poner en peligro la integridad de los componentes. Ahora bien, existe un problema para definir dónde está el límite para la seguridad en cuanto a la existencia de posibles defectos, y

REQUISITOS ISI DE VALVULAS

Categoría	Tipo de prueba	Frecuencia
A	Accionamiento	Cada tres meses (1)
	Fugas	En recarga (2)
B	Accionamiento	Cada tres meses (1)
C (Seguridad y alivio)	Puntos de tarado	Cada cinco años se han de probar todas las válvulas (3)
C (Retención)	Accionamiento	Cada tres meses (1)
D (Explosivas)	Destrucción y reemplazamiento del 20 % de las cargas	Cada dos años
D (Disco de ruptura)	Según fabricante	Según fabricante

qué coeficiente de seguridad se establezca, con el fin de disminuir la probabilidad de existencia de un caso límite. El coeficiente de seguridad tiene su razón de ser desde un planteamiento probabilístico de la detección de defectos y, por tanto, debería depender del procedimiento de inspección.

El Código ASME establece dos tipos de límites de seguridad que denomina «Criterios de Aceptación» para los ensayos no destructivos.

La Sección III en su Apéndice G da un tratamiento especial al problema de la rotura frágil admitiendo, implícitamente, que los criterios de aceptación dados para END pudieran no ser suficiente garantía para la prevención de rotura en base a las limitaciones de detección de defectos mediante END. No obstante, el planteamiento de este Apéndice es un planteamiento de diseño, es decir, el inverso a la realización de END. Se postula un defecto superficial de 1/4 del espesor y se diseña el componente para que en el caso de un comportamiento lineal-elástico, el recipiente no rompa en las condiciones de funcionamiento. Los coeficientes de seguridad para las tensiones, son muy bajos o iguales a 1, puesto que el conservadurismo se estima que va incluido en el tamaño del defecto postulado más un margen que se añade a través de la temperatura mínima de operación.

La Sección XI (ISI) establece criterios de aceptación para todas las áreas sujetas a inspección para los defectos detectados en servicio mediante END. Las limitaciones de la técnica van implícitas en estos criterios para los que se han empleado unos coeficientes de seguridad que garanticen la misma seguridad que la que se consigue en diseño con el Ap. G de ASME III. Estos criterios por tanto, se han establecido en base a prevención de rotura frágil para condiciones normales y transitorios de operación. Para condiciones de accidente, al ser de probabilidad menor, se admiten coeficientes de seguridad menores aunque se requiere un análisis caso a caso, teniendo en cuenta la evolución del defecto durante el accidente. Por consiguiente, los criterios de aceptación de la Sección XI representan el tamaño de defecto máximo admisible con una serie de supuestos conservativos y unos coeficientes de seguridad. En el caso de que indicaciones detectadas en servicio rebasaran estos límites, ASME XI admite la aceptación en base a eliminar dichos supuestos mediante análisis más afinados, manteniendo el mismo coeficiente de seguridad. Estos análisis consisten en la

evaluación del comportamiento del defecto en el componente en las distintas situaciones de operación normal, transitorios, emergencia y accidente desde el punto de vista de rotura.

De cara a la aplicación de los criterios de aceptación en los resultados de una inspección, existe la problemática del dimensionamiento correcto de un defecto. Esta problemática puede alcanzar una gran criticidad debido a los valores tan conservativos de los criterios de aceptación y a los errores inherentes al dimensionamiento por ensayos no destructivos, lo que conduce con cierta frecuencia a la necesidad de evaluar indicaciones mediante mecánica de fractura, al haber acumulado de forma conservativa, los errores inherentes a la técnica de dimensionamiento por END.

El caso en el que más se ha profundizado en la relación inspección-seguridad ha sido en la vasija de los reactores, estando claramente especificada la relación seguridad-diseño-inspección.

En este caso la NRC ha publicado la R. G. -1.150 que requiere se demuestre la detectabilidad de defectos en todas las áreas de la misma y, en el caso de que por las limitaciones de la técnica ultrasónica no se pueda demostrar la detección de determinados defectos potenciales, se debe demostrar que, por diseño, éstos no suponen una merma de seguridad del componente. Este mismo requisito existía con anterioridad en las RSK alemanas. Esto conduce a la realización de análisis específicos de prevención de rotura en determinadas áreas de la vasija al poder rebasar los «defectos ocultos» los criterios de aceptación. Esta problemática se agrava con las repercusiones de un choque térmico, producido potencialmente al actuar la inyección de seguridad o producirse un sobreenfriamiento en el secundario sin reducir sensiblemente la presión del primario. El choque térmico incide de dos formas. Por un lado establece una situación tensional alta y por otro una temperatura baja, lo que puede poner el material de la vasija próximo a la temperatura de transición dúctil-frágil. En este caso la existencia de un defecto, incluso pequeño, podría conducir a la rotura catastrófica.

Vemos, por tanto, que está íntimamente relacionada la inspección con el

NOTAS A LA TABLA 3

(1) Estas válvulas se probarán cada tres meses, excepto si no es posible durante la operación normal de la central, en cuyo caso serán parcialmente accionadas cada tres meses en operación (siempre que sea posible) y totalmente en parada fría.

(2) Se habrá de realizar la prueba cada dos años como mínimo, si el tiempo entre dos recargas superase los dos años.

(3) El número de válvulas que se probarán en cada recarga se hará de acuerdo con la tabla IWV-3510.1.

diseño y las características del material de la vasija. Esta triple relación está contemplada por la normativa americana en la R. G.-1.50 y en el Ap. G del 10CFR50. Así, para una situación tensional y características de material dadas, existe un defecto máximo admisible. Ante éste caben dos opciones: que la técnica ultrasónica lo pueda detectar en todos los puntos de la vasija o que no. De la primera opción, cabe realizar inspección con la técnica existente y, en la segunda, hay que desarrollar la técnica para alcanzar el grado de detectabilidad preciso, que de no conseguirse conduciría a soluciones costosas, ya que habría que incidir en la situación tensional o en las características del material.

Entre las acciones encaminadas a la mejora de las técnicas de END aplicables a la inspección de componentes con grandes espesores de pared y, fundamentalmente, dirigidos a la vasija del reactor, hay que destacar el programa PISC-II, en el que a nivel internacional estamos participando.

PF

Por otra parte, y para pruebas funcionales, las técnicas de inspección son, en realidad, técnicas de prueba y dependen por tanto del tipo de componente de que se trate (válvulas, bombas y soportes o amortiguadores) y, en el caso de las válvulas, de las distintas funciones de seguridad que cada una tenga encomendada. En todos los casos la técnica de prueba se fija en el diseño al definir la función de cada componente en particular.

La pruebas de bombas consisten en comprobar, antes de la puesta en servicio de la central, que los parámetros característicos de cada una, como son los



*Porque siempre
hemos pensado en el futuro,
afrontamos esta década
con nuevas energías.*

Trabajamos con años de adelanto. Porque para resolver problemas de energía, es preciso pensar en futuro.

En 1962 producíamos 800 millones de kwh. Hoy alcanzamos los 7.700 millones. Esta cifra es el fruto de una labor que no ha dejado lugar a la improvisación. Ha sido un esfuerzo continuo. Gracias a él, podremos entrar confiados en esta década, aportando soluciones reales:

La primera central nuclear española funcionando desde 1968, otra que ha entrado en servicio en 1981 y una tercera en construcción, una continua ampliación de la red del tendido eléctrico, nuevas aplicaciones de nuestra energía...

Día a día realizamos una investigación de vanguardia para avanzar al ritmo del progreso.



UNION ELECTRICA.
ENERGIA AL SERVICIO DEL HOMBRE Y PARA EL HOMBRE.

REQUISITOS ISI DE BOMBAS

Parámetro a medir	Frecuencia (1) (5)
Velocidad de Rotación N (2)	mensual
Presión en la Aspiración P (3)	mensual
Presión Diferencial ΔP	mensual
Caudal Q	mensual
Temperatura de los Cojinetes T_b	anual
Amplitud de Vibración	mensual
Presión o Nivel del Lubricante (4)	mensual
Temperatura del Líquido Bombeado T	mensual

reflejados en la Tabla 3, están dentro de las condiciones de diseño para el punto de funcionamiento elegido. Las pruebas en servicio deben ser capaces de contrastar las características de la bomba con las establecidas antes de la puesta en servicio, por lo que es necesario realizarlas alrededor del punto de funcionamiento y registrar los datos de los parámetros característicos para compararlos con los criterios de aceptación de ASME XI (IWP) y determinar si la bomba se encuentra en rango aceptable, de alerta o necesita acción correctiva, antes de volverla a poner en servicio.

Los exámenes preoperacionales de comprobación y ajuste de soportes tienen por objeto satisfacer los requisitos de diseño del soportado de los sistemas importantes para la seguridad. Este objetivo se consigue mediante inspecciones de montaje y comprobación y ajuste de los mismos en condiciones de operación (caliente), así como en el retorno a frío verificando el comportamiento previo en el diseño. Del mismo modo, las pruebas preoperacionales de amortiguadores deben demostrar la seguridad de la central frente a efectos sísmicos, vibraciones y choques o golpes de agua o vapor, por lo que durante sus pruebas funcionales se miden y comprueban los parámetros característicos de dichos amortiguadores, como son la resistencia en vacío, las velocidades o aceleraciones de bloqueo y alivio y el comportamiento en carga continua. Los exámenes en servicio de soportes y amortiguadores, consisten en confirmar las características preoperacionales.

Las diversas funciones de seguridad encomendadas a las válvulas, hacen necesario que, antes de la ejecución de las pruebas, se clasifiquen asignándolas categoría en relación con su función que, unida al tipo de la válvula, determina el procedimiento de prueba a emplear. Así, las válvulas de Categoría A (ver tabla 4) son aquellas que por condiciones de diseño deben tener limitadas sus fugas a través de su asiento en una cantidad máxima especificada y necesitan también cerrar o abrir, lo mismo que las de Categoría B, en un tiempo límite; las válvulas de Categoría C necesitan pruebas de accionamiento sin son de retención, o de tarado si son de seguridad y las de Categoría D o explosivas la comprobación de dichas cargas.

Una vez establecida la Categoría de las válvulas, las pruebas preoperacionales consisten en comprobar sus requisitos de diseño (fugas, tiempo de accionamiento, puntos de tarado, etc.) y las

pruebas en servicio confirmar o, en su caso, reparar cuando existan desviaciones, que cumplen su función de seguridad durante la vida de servicio de la central.

CONCLUSIONES

Durante la vida de una central nuclear hay que realizar la ISI de acuerdo con los requisitos establecidos básicamente en las tablas adjuntas. A título orientativo y para una central PWR de 900 Mw existen, aproximadamente, 1.500 áreas (soldaduras y pernos) requeridas en END y 35 bombas, 500 válvulas y 2.000 soportes, en los que hay instalados 900 amortiguadores, requeridos a sus correspondientes PF. De los resultados de las inspecciones en servicio, se obtiene una garantía de que, tanto la integridad estructural como la capacidad operacional de los componentes relacionados con la seguridad, se mantienen dentro de los márgenes es-

NOTAS A LA TABLA 4

(1) Se recomienda (no es obligatorio) que esta frecuencia sea mantenida durante los períodos de parada. Si la frecuencia no se mantiene durante los períodos de parada la bomba afectada será probada dentro de la primera semana después de que la central haya sido puesta en operación normal.

Las bombas que operan más frecuentemente que una vez al mes no necesitan ser paradas o arrancadas para realizar la prueba, siempre que se demuestre que las bombas operan al menos una vez al mes a los valores de referencia y se midan, observen, registren y analicen estos valores.

(2) Sólo si la bomba es de velocidad variable.

(3) La presión de aspiración será medida antes del arranque de la bomba y durante la prueba.

(4) Observar.

pecificados en el diseño. Es decir, la ISI es una forma más de garantizar la seguridad de la central.

C. N. ALMARAZ

Grupo II. Piscina del reactor.

