



Fernando MILLAN PASTOR es ingeniero industrial, especialidad mecánica, por la ETSII de Madrid. Desde 1982 trabaja en TECNATOM, en el Departamento de Ingeniería. Ha participado en las inspecciones preoperacionales de las centrales de Ascó II, Cofrentes y Vandellós, así como en las inspecciones en servicio de Ascó y Almaraz. En la actualidad desarrolla su trabajo en la Sección de Calificación de Equipos de TECNATOM. Ha participado como ponente y asistido a diversos congresos, cursos y seminarios, tanto en España como en el extranjero, relacionados con análisis de integridad y estimación de vida.



Antonio ALONSO RAMOS es ingeniero industrial por la ETSII de Madrid. Trabaja en TECNATOM desde 1972, ocupando en la actualidad la jefatura del Departamento de Ingeniería. Este departamento gestiona todas las actividades relacionadas con la ejecución de la Inspección en Servicio en centrales nucleares españolas.

EL APOYO DE LA INGENIERIA ESPECIALIZADA AL EXPLOTADOR

F. MILLAN - A. ALONSO

Con este artículo pretendemos poner de relieve el papel que han jugado, actualmente desempeñan y deben seguir desempeñando en el futuro, las ingenierías especializadas como elemento básico en el desarrollo tecnológico de la energía nuclear en nuestro país y, específicamente, como apoyo al explotador.

TECNATOM, como empresa pionera en la prestación al sector eléctrico de servicios de ingeniería, puede ser un fiel reflejo del desarrollo y evolución histórica, que el continuo y progresivo proceso de especialización, en paralelo con el propio desarrollo de la utilización de la energía nuclear, ha ido generando en su estructura de servicios a lo largo del tiempo.

Una de las áreas en que TECNATOM ha centrado el desarrollo de sus capacidades, adquiriendo una progresiva especialización y con el objetivo claro y bien definido de suministrar el apoyo de ingeniería y de servicios a la explotación, ha sido y es la Inspección en Servicio.

La Inspección en Servicio (IES) requiere

re el estudio y asimilación de un variado conjunto de facetas y disciplinas que es necesario manejar para su aplicación. El desarrollo en profundidad de cada uno de estos aspectos conlleva un necesario proceso de especialización, por otra parte inevitable, si se pretende desarrollar de una forma efectiva y eficaz los planteamientos generalistas, normalmente recogidos en la normativa.

En consecuencia, y ante la necesidad por parte del explotador de cubrir convenientemente este campo, evitando por otra parte generar en su propia estructura un antieconómico incremento de medios tecnológicos y humanos, lleva a la conclusión de considerar la Inspección en Servicio como un producto típico de la Ingeniería de Apoyo.

Dentro del concepto de Inspección en Servicio se engloban la gestión y aplicación práctica de los requerimientos que la normativa exige al explotador de una central nuclear, con objeto de garantizar su funcionamiento fiable y seguro.

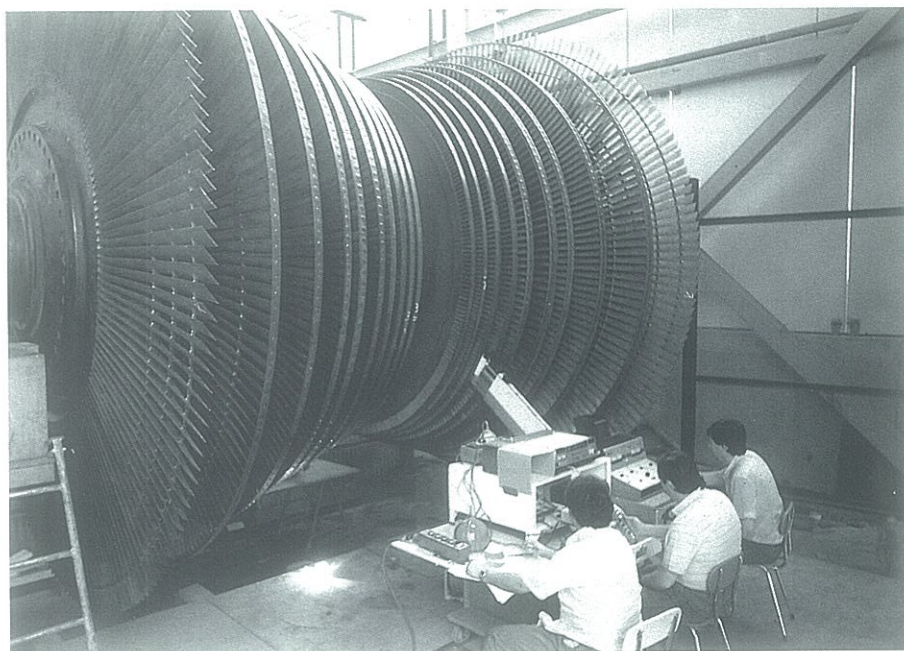
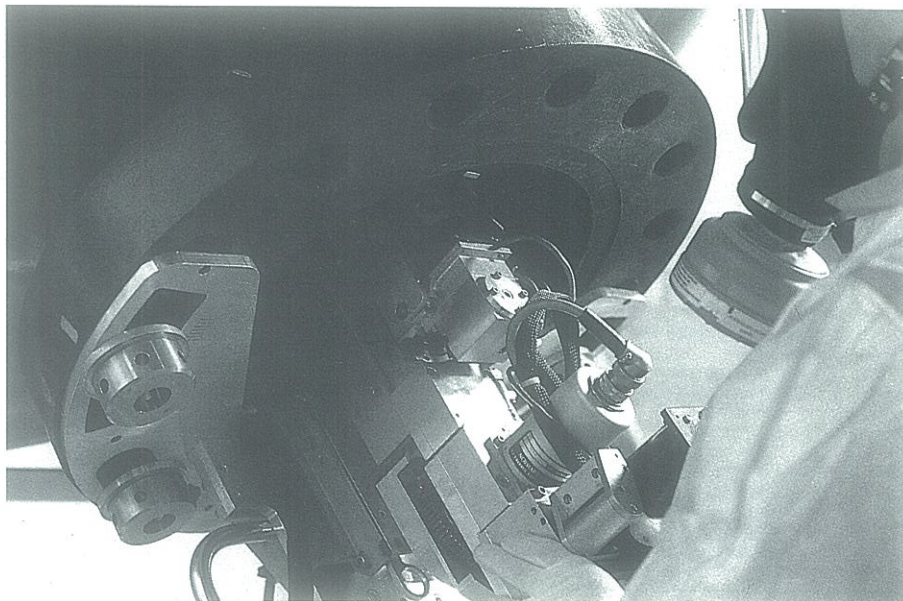
El parque español de centrales nucleares de agua ligera está constituido prácticamente en su totalidad por centrales de origen americano, con la única excepción de la Central de Trillo de origen alemán. Esta situación ha llevado a considerar históricamente los requisitos de normativa, dictados por la Nuclear Regulatory Commission (NRC) y al 10CFR50 como tronco básico regulador. Por otro lado, los requisitos de aplicabilidad se han ido desarrollando en el entorno de la Sección XI del Código ASME, cuya primera edición se publicó en 1970.

Si bien el origen y objeto de la Inspección en Servicio es la seguridad de la instalación nuclear, otros aspectos de gran importancia pueden verse beneficiados con una gestión óptima de su aplicación. Así, la disponibilidad de la central podría aumentarse al efectuar un control selectivo y más profundo de aquellos elementos cuya tasa de fallos fuese excesiva, o bien, por la importancia del equipo, su probabilidad de fallo pudiera disminuirse por un control preventivo de su estado, mediante inspección. Otro aspecto que queremos significar es la incidencia que una inspección periódica puede tener en la disminución de las primas de seguros que sobre los equipos principales se están cargando actualmente.

Este planteamiento conjunto y de objetivo múltiple ha generado la formación de un núcleo de especialistas en la interpretación y aplicabilidad no sólo de la normativa relacionada con la seguridad, sino también de aquellos aspectos relacionados con la disponibilidad, permitiéndose así una optimización de los programas de inspección en las centrales españolas.

No obstante, todo este proceso de estudio, desarrollo y adaptación de las exigencias de inspección, es una labor que debe ser mantenida viva, debido al continuo reajuste, cambio y ampliación en los requisitos exigidos como consecuencia de un conocimiento más profundo de las causas de degradación de los materiales, la aparición y ocurrencia de determinadas situaciones no previstas en el diseño, o bien como últimamente parece deducirse de la consideración de alargamiento de vida de las centrales.

Por otro lado, el tratamiento de la ingente información que periódicamente arroja la Inspección en Servicio, debe ser gestionada de una forma eficaz que permita optimizar la aplicación y uso de dicha información, con el objeto de prevenir e identificar tendencias en los procesos de degradación de los equipos en operación y evaluar su comportamiento mediante análisis históricos que pueden ser de gran utilidad para la explotación. En este sentido, la crea-



ción de bases de datos históricas de resultados obtenidos en la IES, el tratamiento estadístico de los mismos y su aplicabilidad con carácter predictivo a corto y largo plazo, inclusive con objetivos de extensión de vida, es una práctica que se está estableciendo en el conjunto de nuestras actividades. Otro de los aspectos de gran importancia en el entorno de la Inspección en Servicio lo constituye el desarrollo y aplicación de las distintas técnicas de control (ensayos no destructivos, pruebas, etc.) que son requeridas por los Códigos y Normas. A partir del mero enunciado de la aplicación de una técnica de control (ensa-

yo volumétrico o superficial, ensayo de fugas, prueba funcional, etc.), debe desarrollarse un proceso encadenado de actividades que la pongan a punto y den lugar a su implantación. Dicho proceso comienza con la elaboración de un procedimiento de ensayo o prueba específico que recoge los parámetros fundamentales a medir, la técnica a emplear y la evaluación de los resultados a obtener. Resulta obvio que la multidisciplinaria que requiere la implantación de los muy variados métodos de inspección o prueba conduce a una especialización en la que se conjugan gran cantidad de aspectos.

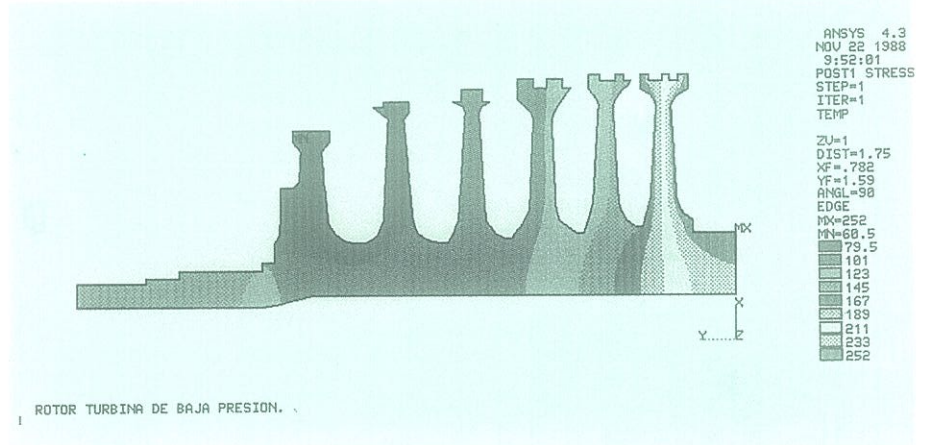
Así, los ensayos por ultrasonidos, como técnica comúnmente utilizada en la inspección volumétrica por ASME XI de soldaduras de tuberías y componentes, requiere una ingeniería especializada que estudie y desarrolle la aplicación de las técnicas óptimas en la ejecución del ensayo, con objeto de asegurar la fiabilidad en los resultados. Un ejemplo claro lo constituye el empleo de técnicas especiales de inspección para la detección y dimensionamiento de grietas de IGSCC en materiales susceptibles.

Los ensayos por corrientes inducidas, normalmente empleados en la inspección de haces tubulares de generadores de vapor y cambiadores de calor, participan asimismo de la necesidad de una ingeniería que estudie las coordenadas óptimas a emplear en el proceso de ejecución. En este sentido, el desarrollo y aplicación de bobinas especiales, como las rotatorias o las *pancake*, han aumentado la fiabilidad en el nivel de detección de defectos en zonas críticas.

Por otra parte, el desarrollo de técnicas de inspección automatizadas, últimamente en auge debido a la necesidad de reducir dosis al personal y aumentar la fiabilidad y repetibilidad de los ensayos, es otro área que requiere el empleo de una ingeniería especializada que optimice la técnica empleada. En definitiva, los objetivos de aumentar la fiabilidad de las técnicas, reducir la dosis al personal y en paralelo, acortar los tiempos de inspección, deben conjugarse de la forma más eficaz posible. A modo de ejemplo, citamos alguno de los aspectos que inciden en la problemática anteriormente expuesta:

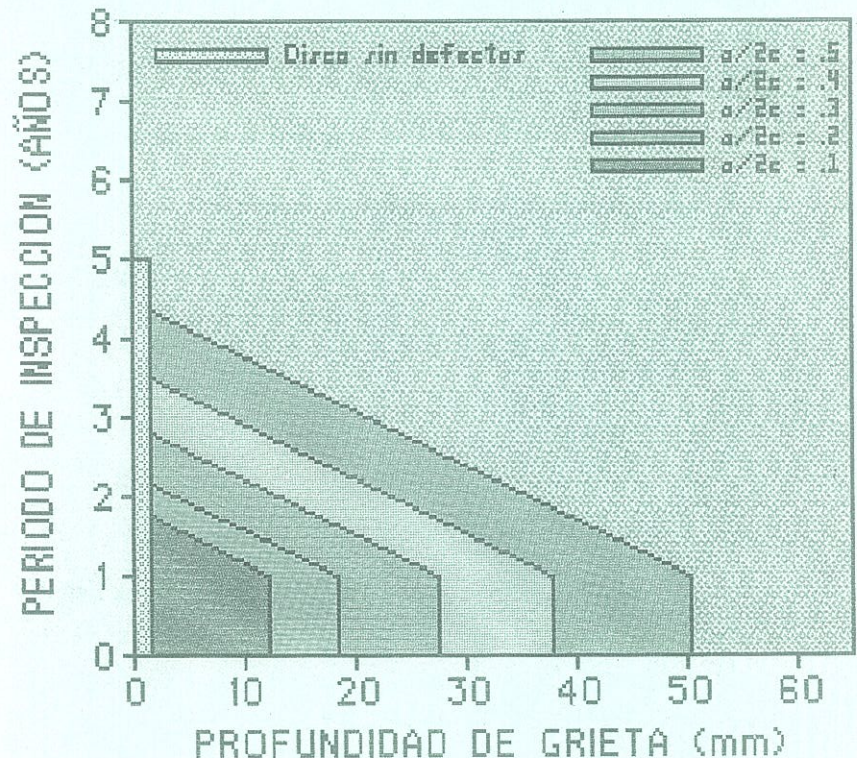
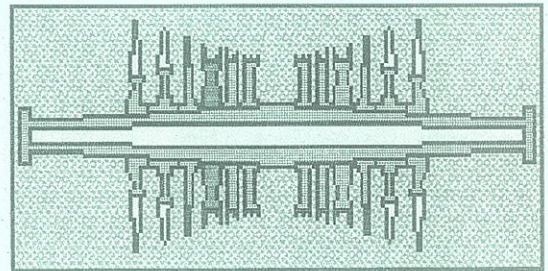
- Diseño y fabricación de dispositivos especiales de inspección por técnicas de CAD.
- Empleo de maquetas para validación y entrenamiento en la inspección mecanizada de vasijas, tuberías y generadores de vapor.
- Utilización de posicionadores a control remoto en la inspección por CI de los tubos del generador de vapor.
- Inspección de discos encastrados y ejes de turbina.

Finalmente, y en el proceso de evaluación de los defectos y determinación de la integridad estructural asociada, es necesario acometer el empleo de técnicas analíticas mediante uso de conceptos de mecánica de fractura y análisis de solicitaciones por ordenador, con objeto de garantizar el estado del componente examinado desde el punto de vista de la seguridad. Para cumplir estos objetivos es necesario establecer unos criterios de aceptabilidad del componente para el servicio y efectuar predicciones de vida remanente en condiciones seguras.



DISC PERIODOS DE INSPECCION PARA EL DISCO :

PLANTA : C. W. XXX
TURBINA : L.P. 1
DISCO : 3 GGV
LOCALIZ : ANIMA



Con estas consideraciones hemos tratado de reflejar algunos de los aspectos que son necesarios para acometer, con un nivel de calidad suficiente, la tecnología que se deriva del desarrollo de la Inspección en Servicio. Otros aspectos, como son la ejecución de pruebas especiales (SIT, ILRT, Sistemas de Filtrado y Ventilación, etc.), inspección de soportes y amortiguadores o pruebas de fugas en válvulas, son simplemente enunciados, pero ponen de relieve la multitud de disciplinas que deben manejarse en una gestión integral de la Inspección en Servicio.

Del examen de lo dicho hasta ahora parecen desprenderse varios aspectos que deben y tienen que ser potenciados. Por un lado, la *formación* de técnicos especialistas en el desarrollo y aplicación de los métodos y técnicas utilizados actualmente en la Inspección en Servicio. Para ello es necesario incrementar los medios destinados a este fin mediante entrenamiento intensivo, cursos de capacitación y reciclaje, etc., que permiten alcanzar los objetivos anteriormente expuestos de aumento de fiabilidad y acortamiento de tiempos de intervención.

En paralelo, el diseño, fabricación y prueba de nuevos *equipos* más ajustados a los objetivos perseguidos, o bien la modificación que optimice las características de los existentes, constituye otro aspecto en que hay que profundizar y que incide asimismo en el aumento de fiabilidad y reducción de tiempos y dosis al personal.

Finalmente, la necesidad de una *investigación y desarrollo* en la aplicación de nuevas tecnologías de control y diagnóstico más fiables, facilitará el mantenimiento y progresión de la tecnología en este campo. En este sentido, son

varios los proyectos tanto nacionales como internacionales en los que TECNATOM participa con el objetivo básico de adquirir tecnología que pueda ser trasplantada al entorno nuclear español.

Vamos a citar algunos de ellos:

- Optimización de las técnicas de inspección y criterios de aceptación en el Proyecto de Investigación sobre Generadores de Vapor que se está desarrollando en España.
- Participación en los *round-robin* del Programa PISC-III de la Comunidad Económica Europea.
- Participación en el Proyecto de Investigación promovido por el OIEA sobre optimización de los procedimientos de vigilancia de aceros de vasija.
- Proyectos de desarrollo de técnicas de inspección y estimación de vida remanente en componentes críticos del turbogruppo.
- Desarrollo de sistemas expertos para la evaluación automática de inspecciones por ultrasonidos (Proyecto ULISES) y de corrientes inducidas (Proyecto AITRAS).
- Capacitación de los ultrasonidos para la determinación del daño por termofluencia en el material.
- Capacitación de las técnicas de END para la inspección de materiales susceptibles a IGSCC, tratados con remedios mitigativos.

La potenciación de estos aspectos que se han mencionado tenderá a optimizar el desarrollo tecnológico y a disminuir nuestra dependencia de otros países con una tecnología más avanzada, redundando así en un mayor beneficio conjunto a la explotación y la ingeniería.

Otros temas que se vislumbran en el futuro cercano del desarrollo nuclear, como son la problemática del alargamiento de vida de las centrales y la gestión del envejecimiento, están ya siendo abordados mediante apoyo y colaboración al sector eléctrico en los estudios de viabilidad de la opción PLEX y desarrollo de un programa piloto de vigilancia del envejecimiento y mantenimiento predictivo.

Por otra parte, nuestra participación en los proyectos internacionales LACE y ACE dentro de la problemática del comportamiento de las centrales en el caso de hipotéticos accidentes severos es otra muestra que pone de relieve la razón de existir de las ingenierías y centros especializados, con la misión clara e ineludible de suministrar un servicio y asesoramiento continuo en la multitud de problemas que rodean al entorno de la explotación de una central nuclear.

Hemos revisado con cierto detalle, y en base a la experiencia vivida por TECNATOM en la gestión de la Inspección en Servicio, varios aspectos implicados en la problemática de la asistencia y apoyo a la explotación de centrales por parte de las ingenierías especializadas. Bajo este contexto, hemos tratado de transmitir una serie de ideas que a continuación exponemos:

- El progresivo especializamiento de las tecnologías involucradas en la explotación de una central nuclear de las dimensiones de las que actualmente operan en nuestro país; el carácter multidisciplinar de aquéllas y la profundidad de detalle de los conocimientos requeridos para su implantación, ha conducido al explotador a solicitar el apoyo necesario y la participación de las ingenierías en el proceso explotador de las centrales. Esta situación de necesidad y beneficio mutuo debe mantenerse y potenciarse en un mayor grado para una mejor y más adecuada resolución de los problemas que tiene el sector.
- El *know-how* tecnológico adquirido en los últimos años no debe perderse, sino, por el contrario, incrementarse, con un intercambio fluido de experiencias y comprensión mutua en los esfuerzos e intereses a poner en juego que permitan optimizar el desarrollo y disminuir nuestra dependencia tecnológica en el futuro.
- La necesidad de una ingeniería de apoyo a la explotación de centrales nucleares y su necesaria especialización para el suministro de un producto con un alto grado de calidad, requiere un elevado nivel de inversiones que es necesario comprometer para dar una respuesta adecuada al servicio que se nos demanda.

