



*Manuel GARCÍA VALCARCEL, Ingeniero Superior del ICAI, inició su labor profesional en la Central Nuclear de Ascó, dentro del Departamento de Garantía de Calidad, durante las pruebas de puesta en marcha y arranque de ambas Unidades. Desde el año 1985, que ingresa en Tecnatom, S.A. desarrolla su trabajo como coordinador de las actividades de Inspección en Servicio a realizar en diferentes centrales nucleares españolas. Actualmente, dentro de la División de Ingeniería de Inspección, es el responsable de la programación y ejecución de los trabajos de inspección en Servicio que Tecnatom realiza para Central Nuclear de Almaraz.*



*Miguel Angel LÓPEZ MARTÍN, Ingeniero Industrial especialidad Química por la E.T.S.I.I. de Madrid (1987). Ingresó en Tecnatom, S.A. en 1988 desarrollando funciones en la elaboración de los Programas y Manuales de Inspección en Servicio (MISI, MIT) para distintas centrales españolas. En la actualidad pertenece a la División de Ingeniería de Inspección, siendo el responsable de la programación y ejecución de los trabajos de Inspección en Servicio que Tecnatom, S.A. realiza para la Central de Trillo I.*

# INTEGRACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INSPECCIÓN EN SERVICIO EN LOS OBJETIVOS DE LAS CENTRALES NUCLEARES

M. GARCÍA - M. A. LÓPEZ

## OBJETIVOS

Los objetivos generales que consideramos tienen planteadas las plantas nucleares españolas, se pueden resumir en los siguientes:

- Mantenimiento de la seguridad de la planta tanto en operación como en parada.
- Alargamiento de la vida de la planta.
- Alargamiento de los ciclos de operación/minimización de riesgo de paradas no programadas.
- Reducción del tiempo de parada para recarga.
- Reducción de dosis y residuos.

## INSPECCIÓN

Para la consecución de estos objetivos intervienen muchos factores clave, se considera como imprescindible el que se refiere a la relación fluida entre las diversas organizaciones responsables de los diferentes trabajos.

Una de las organizaciones involucradas en la consecución de estos objetivos es la responsable de la Inspección en Servicio.

Se entiende por Inspección en Servicio (ISI) el conjunto de exámenes, mediante ensayos no destructivos y pruebas funcionales que se requiere realizar durante la vida en servicio de una central. La Inspección en Servicio tiene como misión verificar y asegurar periódicamente, que los distintos componentes mecánicos o estructurales relacionados con la seguridad, no han sufrido daños durante la operación y se mantienen dentro de los márgenes requeridos en el diseño de la central. De los resultados de las inspecciones, se tomarán las medidas correctoras que se requieran para volver a poner en funcionamiento la central en los márgenes de seguridad establecidos.

La inspección comienza por la realización de unos ensayos preoperacionales que tienen como objetivo fundamental establecer una base de referencia, es decir, registrar el estado de los diferentes equipos y tuberías, para poder determi-

nar la degradación originada durante el funcionamiento, al comparar los resultados de las sucesivas inspecciones con estos ensayos iniciales.

De todo lo anterior se puede decir que el objetivo fundamental de la ISI es verificar periódicamente la seguridad de la central.

Las pruebas e inspecciones que se realizan sobre un número determinado de componentes, se basan fundamentalmente en el cumplimiento de los requisitos establecidos en la Sección XI de Código ASME. En sus distintas subsecciones se describen los ensayos no destructivos (END) y pruebas funcionales (PF) que se han de realizar para la verificación de la integridad estructural y capacidad operacional de los componentes y sistemas. Asimismo, existen requisitos de realización de pruebas hidrostáticas (PH), que se realizan en unas condiciones de presión y temperatura superiores a las de operación normal de la central.

La asignación de los requisitos de la ISI a cada uno de los componentes de una central nuclear se realiza en base a la función de seguridad que se le haya asignado en el proyecto. Así, los componentes se clasifican en CLASES. Clase 1, 2 ó 3 de acuerdo con la función de seguridad que tienen que realizar en cualquier modo de operación.

Para cada Clase de Seguridad, existen unos requisitos particulares de END, tanto más exigentes en extensión y frecuencia, cuanto mayor sea la función de seguridad.

La Sección XI del Código ASME, establece una serie de criterios de exclusión de los requisitos de ISI a ciertos componentes que, por su tamaño o función, su fallo no repercutiría en la seguridad de la central.

Los requisitos de inspección deben de satisfacerse al 100% cada intervalo de inspección de 10 años, según el programa B de inspección del Código ASME XI, que es el utilizado en las centrales españolas, los cuales a su vez se dividen en periodos de inspección de 3 ó 4 años, cubriendo en cada uno de ellos los

TI

## PROGRAMA DE INSPECCION B - INTERVALO DE 10 AÑOS

| Período de %<br>Inspección | Mínimo de %<br>exámenes realizados | Máximo de<br>exámenes aceptados |
|----------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| 1º                         | 16                                 | 34                              |
| 2º                         | 50                                 | 67                              |
| 3º                         | 100                                | 100                             |

siguientes porcentajes máximos y mínimos para cada categoría de código. (Ver Tabla I)

A título orientativo, para una central PWR de diseño W de 950 Mw existen aproximadamente, 1.500 áreas entre soldaduras y pernos requeridas a inspección mediante END y la figura I nos muestra el grado de cumplimiento de los ensayos requeridos durante el segundo período de inspección, que va del tercer al séptimo año de operación.

### TIEMPOS Y DOSIS

Dentro de los objetivos planteados por las centrales nucleares y que se han expuesto anteriormente, donde más incidencia puede tener la Inspección en Servicio, además del aumento de la seguridad de la planta tanto en operación como en parada, son:

#### Reducción del tiempo de paradas para recarga

Dentro de la Inspección en Servicio hay una serie de trabajos como son la Inspección Mecanizada de la Vasija, inspección de los tubos de los Generadores de Vapor o la Prueba de Integridad de la Contención, que exigen de la planta una serie de condiciones especiales, bien de operación o de tiempos de ejecución, que hacen que haya que contar con ellos a la hora de planificar la duración

de la parada, ya que normalmente serán "ruta crítica".

Para estas inspecciones, su duración viene influenciada por tres elementos, el Factor Humano que agrupa tanto al personal ejecutor de la inspección como al personal de planta, los Equipos y los Sistemas de Adquisición y Evaluación de Datos.

El personal participante en la preparación y ejecución de las inspecciones dispone de una elevada experiencia, alta formación y preparación en el trabajo a realizar, y en cualquier momento puede resolver los posibles problemas puntuales de los equipos y tomar decisiones en el aspecto técnico.

La relación entre estas personas y el personal de la planta es absolutamente necesaria, en un principio para la realización de una planificación adecuada y más tarde para prever posibles incidencias o interferencias durante la ejecución de los trabajos.

Si a lo anterior añadimos una mejora continua tanto en los equipos de inspección como en los sistemas de adquisición y evaluación de datos, da como resultado una disminución en los tiempos de inspección, que para estas inspecciones y en los últimos cinco años han llegado a ser del 20% para los trabajos de inspección de los tubos de los Generadores de Vapor y del 50% para el caso de la Inspección Mecanizada de la Vasija. Asimismo, la experiencia unida a una comprensión más profunda de los fe-

nómenos termodinámicos asociados al comportamiento de la contención han permitido estabilizar con rapidez las condiciones de prueba de la contención con la consiguiente reducción de tiempos. En la figura IV se muestra la reducción de tiempos habida en la Inspección Mecanizada de la Vasija del Reactor para diferentes centrales nucleares españolas. Todas las demás actividades de Inspección en Servicio pueden adaptarse dentro de una duración establecida de la parada debido a los márgenes de maniobra que en su realización nos permite el Código, bien mediante la realización de porcentajes altos en las paradas de mayor duración, y menos en las de menor duración o bien, distribuyendo racionalmente los ensayos entre las diferentes paradas para recarga dentro de cada período de inspección consistentes en tres, cuatro y tres años para cada intervalo de diez años. En la figura II se muestran las actividades ISI estándar, durante una parada para recarga de una Central PWR española.

#### Reducción de dosis y residuos

El sistema de protección radiológica internacionalmente aceptado está basado en los principios de justificación, optimización y limitación de dosis, producidas por la realización de cualquier práctica que implique la exposición de las personas a la radiación ionizante.

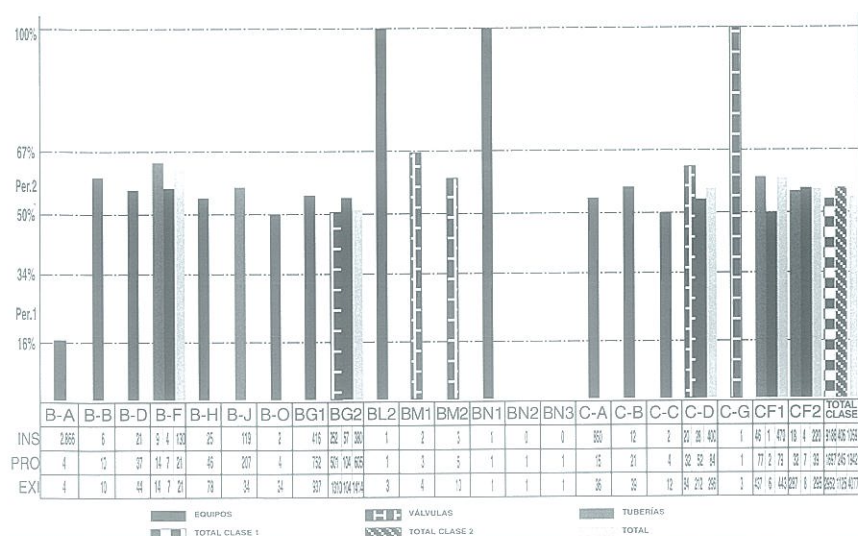
Los principios de justificación y de limitación se fundamentan en criterios económicos y legales, que vienen impuestos y sobre los que las actividades de Inspección en Servicio tienen un escaso (o nulo) poder de maniobra.

Sin embargo, la optimización de las dosis (conocida por el acrónimo en lengua inglesa "ALARA") asociadas a las actividades de Inspección en Servicio sí puede resultar conseguida por los agentes participantes en dichas actividades mediante el correcto estudio, planificación y ejecución de las mismas.

a) La planificación comienza con la introducción de los criterios ALARA en los propios procedimientos de trabajo, adjudicando a los respectivos jefes de actividad, la responsabilidad no solo sobre los factores técnicos del trabajo sino también sobre los de protección. Se elaboran documentos anexos como son estimación de dosis, previsión de blindajes en zonas activas, así como técnicas de minimización de residuos. Esta planificación se basa en datos radiológicos proporcionados por la Planta, configuración de las zonas de trabajo y los tiempos, secuencia, número de personas participantes, etc.

b) Ya en Planta, se ultima el seguimiento, viabilidad de blindajes, descontaminación de componentes, modificación de niveles de radiación y, como consecuencia, variación de la estimación de dosis. Además, se hace un seguimiento dosimétrico diario, para comprobar las posibles desviaciones y solucionarlas.

FI - Cumplimiento normativa ASME XI segundo periodo en central PWR



| TECNICAM, S.A.   | TABLA RESUMEN PARADA CENTRAL NUCLEAR PWR |                                                                                                                            | TRABAJA INERCCCIÓN EN SERVICIO<br>PLANO Nº. 01 |  | FECHA: ENERO - 1995 |
|------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|--|---------------------|
| ACTIVIDADES      | Nº PERSONA                               | MES 1                                                                                                                      | MES 2                                          |  | FECHA: ENERO - 1995 |
|                  |                                          | 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 |                                                |  | FECHA: ENERO - 1995 |
| JEFATURA DE OBRA | 4                                        |                                                                                                                            |                                                |  | 32 29 48 60         |
| INGENIERIA       | 2                                        |                                                                                                                            |                                                |  | 0.42 1.62           |
| E.N.D.           | 13                                       |                                                                                                                            |                                                |  | 0.77 1.77           |
| E / C            | 5                                        |                                                                                                                            |                                                |  | 7.15 41.46          |
| TURBINA          | 2                                        |                                                                                                                            |                                                |  | 0.44 81.76          |
| VISUALES         | 2                                        |                                                                                                                            |                                                |  |                     |
| SOPORTES         | 6                                        |                                                                                                                            |                                                |  |                     |
| GENERADORES      | 48                                       |                                                                                                                            |                                                |  |                     |
| TC'S             | 5                                        |                                                                                                                            |                                                |  |                     |
| URF              | 10                                       |                                                                                                                            |                                                |  |                     |
| FR / Sel         | 1 + 1                                    |                                                                                                                            |                                                |  |                     |
| CALIDAD          | 1                                        |                                                                                                                            |                                                |  |                     |
| HVAC             | 3                                        |                                                                                                                            |                                                |  |                     |
| ECAD             | 2                                        |                                                                                                                            |                                                |  |                     |
| TOTALES          | 99                                       |                                                                                                                            |                                                |  | 44.63 189.94        |

**F II - Actividades ISI Estandar**

c) Una vez finalizados los trabajos, se comprueba si se han alcanzado los resultados previstos y se intercambian opiniones sobre posibles mejoras (lecciones aprendidas).

Como consecuencia de la aplicación del criterio ALARA se ha comprobado que año tras año, para una misma actividad y en las mismas zonas, ha ido disminuyendo la dosis colectiva asociada. Por ejemplo, en las inspecciones por Corrientes Inducidas en los Generadores de Vapor se han puesto en práctica acciones como la descontaminación de las cajas de agua (reducción del término fuente), mejora de la automatización y fiabilidad de equipos de inspección y entrenamiento en maqueta del personal participante (disminución del tiempo de inspección), lo que ha supuesto que la dosis colectiva de estos trabajos se haya reducido hasta en un 50%. En la figura 3 se muestra la reducción de dosis después de la aplicación de los criterios ALARA, en la inspección por Corrientes Inducidas de los tubos de los generadores de vapor en una Central Nuclear Española PWR.

## TÉCNICAS Y EQUIPOS ISI

El desarrollo y mejora continua de las técnicas de inspección tiene como objetivo la fiabilidad de las Inspecciones en Servicio y la reducción de tiempos de las mismas.

La mejora en los equipos se ha conseguido mediante la introducción de bloques de calibración en el equipo que permiten la realización de comprobaciones de calibración dinámicas; la codificación de todos los movimientos incorporándoles sistemas de seguridad, así como, límites eléctricos y mecánicos; y la introducción de cámaras en color lo que permite una óptima monitorización de la Inspección.

Los equipos mecánicos conducidos por la robótica experimentada nos proporciona precisión en la situación de los sensores y una menor dosis colectiva.

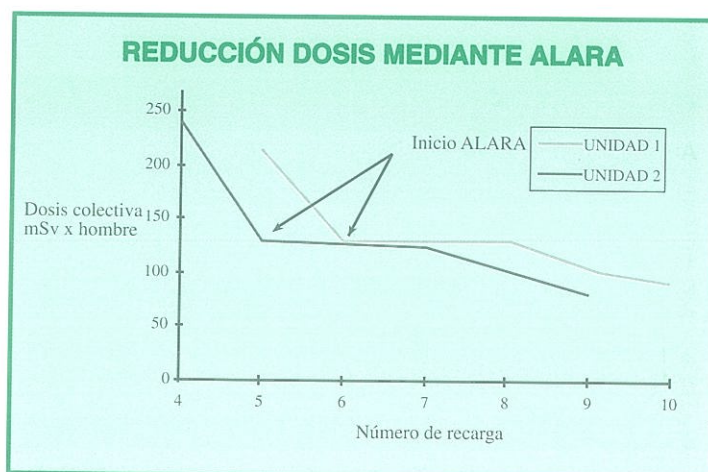
La mejora en los sistemas de adquisición y evaluación de datos se ha conseguido a través de una potenciación de los software de tratamiento de datos, lo que se ha traducido en una agilidad y fácil operación por parte del usuario, y mediante un desarrollo de los software de evaluación, lo que ha permitido unas evaluaciones previas rápidas para la detección de defectos, y una evaluación más profunda para los defectos significativos.

Los sistemas de adquisición, evaluación y procesamiento nos permiten conseguir la repetibilidad y comparación de resultados necesaria para el seguimiento obligado según normativa, así como, para la consecución de la confianza de la Autoridad Administrativa (Consejo de Seguridad Nuclear) en las inspecciones realizadas en las plantas nucleares.

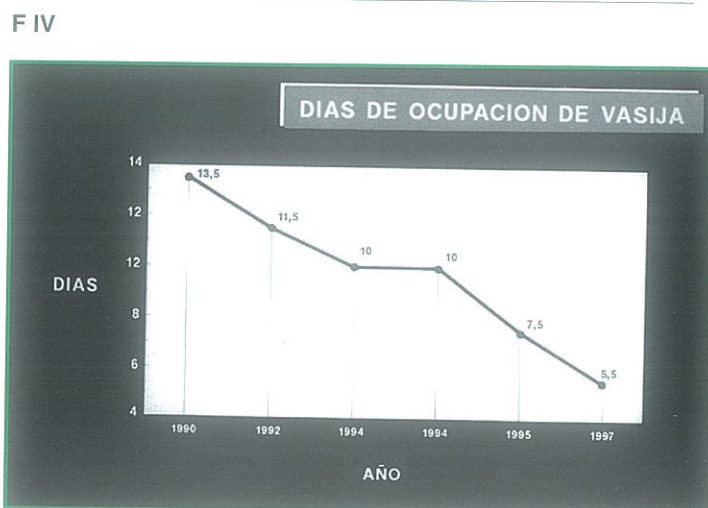
Debido a que la inspección se realiza por control remoto, una vez montados los sistemas, resulta que una parte importante de las actividades de adquisición, evaluación y procesado se hallan ubicadas fuera de zona controlada con el cableado conducido a través de la penetraciones, lo que redundará en una mayor eficiencia y reducción de dosis.

Ni que decir tiene que el entrenamiento previo y familiarización con los equipos, debe contemplarse en procedimientos hasta conseguir certificar la formación del personal participante y la fiabilidad de los sistemas empleados.

Partiendo de la base que se han seleccionado las técnicas adecuadas para cumplir con los requisitos técnicos de inspección así como los de calidad y seguridad.



**F III - Reducción dosis en inspección tubos de GG.VV.**



Partiendo de la base de que se disponen de los medios y equipos adecuados para obtener los datos con sus sensores correspondientes, para analizar, para procesar y para reconciliar racionalmente toda la información disponible.

Integrar esos medios técnicos y esos conocimientos dentro de los sistemas de la Central Nuclear en recarga y en sintonía con la organización de la propia Central Nuclear, exige un esfuerzo previsor por parte de la organización de la ISI y por parte de la Central Nuclear que comienza en el mismo instante en que termina una recarga para la siguiente.

Conseguir que los sistemas técnicos de los equipos de inspección actúen con precisión y agilidad en el momento oportuno y en el lugar idóneo, es un "milagro" que exige una devoción y una entrega de mucho tiempo con propósito de mejora y superación constante.

Armonizar los sistemas eléctricos, mecánicos, electrónicos y digitales, de control remoto y manual de los sofisticados medios de inspección y pruebas para obtener resultados eficaces, es un arte que conjuga medios tácticos, con economía, pero sobre todo con mentalidad estratégica que busca cumplir objetivos de tiempo, seguridad y calidad.