

LA REDUCCIÓN DE LA DOSIS OPERACIONAL DESDE EL PUNTO DE VISTA DEL SUMINISTRADOR

Todas las empresas que trabajan en una central nuclear, independientemente de su condición de propietario, tecnólogo o contratista, disponen de una profunda cultura de seguridad y están comprometidas con la mejora continua y con los objetivos de reducción de dosis operacional al mínimo razonable, de acuerdo a la filosofía Alara (*As Low As Reasonably Achievable*). Esta cultura se pone de manifiesto no sólo en la ejecución de los servicios o proyectos en planta, sino también durante las fases de preparación de los trabajos. Este artículo trata sobre las principales medidas que se pueden adoptar desde el punto de vista del suministrador para colaborar con la reducción de la dosis operacional en las ejecuciones en planta.

INTRODUCCIÓN

Es un objetivo primordial dentro de la industria nuclear, como parte importante de la seguridad, la minimización de la dosis recibida por los trabajadores en las intervenciones de operación y mantenimiento de las centrales nucleares a través de la aplicación de la filosofía Alara (*As Low As Reasonably Achievable*).

El dinamismo de la sociedad y las mejoras tecnológicas nos obligan asimismo a adaptarnos a los cambios y a mantener un nivel de desarrollo e innovación para fomentar día a día mejores soluciones para las centrales nucleares que permitan reducir al mínimo las dosis operacionales recibidas por el personal durante todas las actividades de mantenimiento de la misma. La innovación es necesaria para el progreso.

Entre las medidas que se pueden adoptar para reducir dosis operacional recibida durante los trabajos, se puede destacar:

- Minimizar la presencia de personal en zonas de elevada dosis o aumentar la distancia de los trabajadores a dichas zonas. Esto incluye el desarrollo y utilización de robots y herramientas que puedan ser manipuladas de forma remota.
- Incrementar el blindaje. Esto incluye desarrollo de actuaciones que eviten la necesidad de vaciar el agua de la cavidad y/o de las tuberías correspondientes que tienen una función de blindaje, lo que da pie al desarrollo de diversas soluciones validadas para operaciones bajo el agua.
- Reducción del tiempo de exposición. Supone la planificación y realización de un entrenamien-

to *ad hoc* mediante simulaciones con maquetas en ambiente sin radiación, lo que incrementa la efectividad y rapidez de los trabajos.

- Reducir el término fuente, mediante tratamientos químicos de limpieza y descontaminación.

A lo largo de estas líneas profundizaremos con ejemplos en las distintas medidas.

OPERACIONES EN REMOTO Y BAJO EL AGUA

Muchos tecnólogos así como diversos suministradores trabajan a diario en el desarrollo de diversas herramientas y útiles que permitan la realización de operaciones en remoto y a ser posible bajo el agua. Entre las operaciones susceptibles a estos desarrollos cabe destacar las herramientas de inspección y ensayos no destructivos, así como herramientas específicas para ciertas reparaciones. No debemos olvidar los equipos auxiliares desarrollados que facilitan las labores como equipos de iluminación y cámaras que soportan los ambientes hostiles de radiación, temperatura, presión y entornos de diferente naturaleza química.

En ocasiones y debido a hallazgos producidos durante las paradas para recarga es necesario el desarrollo de herramientas manuales de gran longitud que son operadas desde plataformas, que en ocasiones llegan a tener una longitud de 15-20 metros. Este tipo de herramientas que son probadas en ambientes que simulan lo máximo posible la situación real, son desarrolladas *ad hoc* para cada una de sus aplicaciones específicas, contribuyendo a un gran



JOSÉ MIGUEL IZQUIERDO LABELLA

Director de Departamento de Proyectos
FRAMATOME SPAIN

Tiene más de 30 años de experiencia en el sector nuclear español



SUSANA GIMENO ENRÍQUEZ

QSE & RP Manager
FRAMATOME SPAIN

Ingeniera Técnica Industrial por la Universidad de Zaragoza
Técnico Experto en Protección Radiológica.

OPERATIONAL DOSE REDUCTION FROM THE SUPPLIER'S POINT OF VIEW

All the companies that work in Nuclear Power plants, no matter their condition of property, OEM or contractor, are deeply committed with safety, continuous improvement and operational dose reduction to the minimum reasonable, according to ALARA philosophy. This culture is shown not only during the works onsite but also during the preparation of activities. The article focus on the main measures that could be adopted by the supplier to collaborate with the objective of operational dose reduction during the execution of the needed activities onsite.



ahorro de la dosis recibida comparado con la realización de las actividades por medios tradicionales o alternativos.

Como ejemplo de lo mencionado anteriormente se puede citar un caso en el que fue detectada una parte suelta en un componente de la vasija del reactor y que para su recuperación se definió un concepto de intervención basado exclusivamente en dispositivos controlados remotamente, ubicados por medio de pértigas de gran longitud y diseñados para su auto sujeción en la mayoría de los casos; dichos dispositivos fueron manejados desde los puentes grúa y auxiliar del Edificio de Contención con la cavidad llena de agua. Este hecho proporcionó un ambiente de trabajo con niveles de radiación en área mínimos. No fue necesaria ni la bajada de nivel de cavidad ni la retirada de elementos de combustible del reactor debido a la naturaleza de la aplicación, lo cual permitió mantener constante el nivel de radiación. De no haber sido así, habría que haber retirado parte o todo el combustible de la vasija y realizar la operación con proximidad lo que hubiera conllevado una dosis estimada de dos órdenes de magnitud mayor.

Otro ejemplo de este tipo de soluciones es la tecnología EDM (*Electro-Discharge Machining*) que permite la realización de cortes bajo el agua utilizando precisamente las capacidades conductoras de este medio y de las principales aleaciones metálicas de los componentes principales de las centrales nucleares. Mediante la tecnología EDM, se pueden diseñar electrodos con la forma exacta (en negativo) de la superficie que se quiere eliminar realizando un corte preciso y sin riesgos de FME (*Foreign Material Exclusion*) al contar el útil de un sistema de aspersión asociado al mismo. Esta técnica se ha utilizado en numerosos componentes en centrales nucleares de todos los tipos y diseños como es el caso mencionado anteriormente, en el que para la recuperación del objeto fue necesario practicar un orificio de acceso para tal fin. Este orificio fue practicado con la mencionada tecnología, posicionando el dispositivo portador del equipo por medio de pértigas de gran longitud y técnica de auto sujeción una vez nivelado el conjunto. Esta operación evitó que este orificio de acceso tuviera que ser practicado por otra metodología



Figura 1. Submarino SUSI.

de cercanía, minimizando así la dosis recibida consiguiendo y reduciendo en gran medida la posibilidad del error humano debido al entorno hostil de ejecución (radiación, vestuario complejo con movilidad reducida, presión de tiempo, etc.).

En cuanto a herramientas de inspección, existen un sinfín de soluciones con diversas geometrías adaptadas a cada elemento que ha de ser inspeccionado en una planta nuclear. Por ejemplo, para las inspecciones visuales de los *Baffle Bolt* de la vasija del reactor, Framatome dispone de un equipo autónomo que permite realizar tanto las inspecciones como actuar como aplicador de la contingencia para posibles hallazgos que deban ser tratados (Figura 1). Este dispositivo tiene una gama de varios tamaños disponibles para diversas aplicaciones y distintos componentes independientemente del diseño de planta que se trate.

Asimismo, existe una diversidad de equipos controlados remotamente (Figura 2) que, mediante diferentes tecnologías como orugas, magnetismos, dispositivos neumáticos y eléctricos, permiten la detección y recuperación de objetos en tuberías y componentes tanto en seco como en húmedo (*Fosar- Foreign Object Search And*

Retrieval). Además, por medio de los dispositivos mencionados no sólo se consigue llegar a localizaciones que manualmente no sería posible alcanzar sino que contribuye enormemente al principio Alara minimizando o eliminando la presencia de personas en zonas de alta radiación para la realización de las correspondientes actividades. Dichos equipos suelen estar dotados de mecanismos de agarre y sujeción desarrollados para ser introducidos por las más complejas geometrías y captar partes sueltas en los diferentes circuitos de una central nuclear, siendo especialmente de utilidad en el circuito primario por ser el de mayor nivel de radiación.

Como ejemplos de recuperación de objetos se puede citar casos como recuperación de objetos en el anillo de agua de alimentación de un generador de vapor (GV), realizado con agua en el secundario y por medios teledirigidos, o bien un caso similar en el secundario de un GV sin agua después de la limpieza de la placa tubular donde se recuperaron objetos mediante un robot oruga y/o por medio de herramientas de operación manual desde el exterior del componente.

Por último, hay determinadas aplicaciones que no se podrían realizar de una manera razonable desde una consideración Alara sin contar con medios remotos, como puede ser una intervención dentro de un presionador. Precisamente, en dicho componente se llevó a cabo una intervención por Framatome para la resolución de un hallazgo inesperado en que fue necesario el desarrollo de un concepto de reparación, construcción de equipos y medios para hacer posible la intervención así como entrenamiento específico del personal interviniente. Nos referimos en este caso a la extracción de resistencias de presionador (Figura 3) en la que resultaba imposible su extracción por el fondo



Figura 2. Caracterización bloques de una fuente UTPR.

del componente y fue necesaria la intervención a través de la boca de hombre. Además, fue necesaria la instalación de una plataforma en la parte interior superior desde la que se instaló a su vez el dispositivo controlado remotamente para realizar las operaciones inherentes a la extracción de las resistencias defectuosas. Las Figuras 3 y 6 muestran gráficamente en lo que consistió el trabajo y la configuración interior de la maqueta.

ENTRENAMIENTO

En cuanto a la preparación de los trabajos, cada vez son más los suministradores que entrenan a sus operarios utilizando maquetas a escala real de sus componentes en ambientes no radiactivos. En particular, Framatome dispone de unas instalaciones tanto en Lynchburg (EE.UU.), como en Erlangen (Alemania) y Chalon (Francia) en las que se encuentran maquetas de los principales componentes de plantas de todo tipo de diseño (Figuras 4, 5 y 6). Por ejemplo, en las instalaciones de Chalon, se dispone de un símil de cavidad de reactor a escala 1:1 con grúa manipuladora de combustible y otras maquetas de diferentes componentes de una central nuclear PWR, como de cajas de agua de generadores de vapor y presionador, etc. Por su parte, en las instalaciones estadounidenses se dispone también de una cavidad de reactor a escala real preparado para tanto elementos BWR como PWR y con dos puentes grúas, una para cada diseño. Con ella se entrena a los operarios tanto en movimiento de combustible como en otras actividades habituales y excepcionales de trabajos de ruta de vasija. Otras maquetas destacables serían la parte inferior de la vasija de un BWR donde se pueden entrenar actividades relacionadas con el mantenimiento y sustitución de la instrumentación y CRD. Para PWR, se dispone de las diversas partes de un generador de vapor real, internos superiores, tapa de vasija,

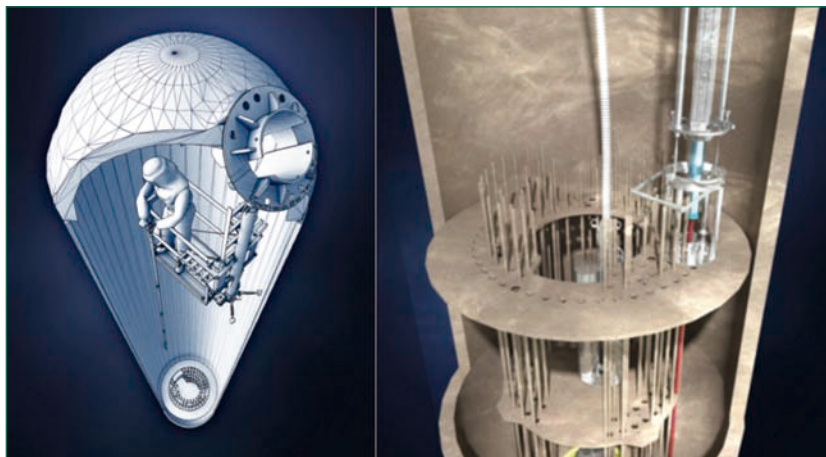


Figura 3. Trabajo en presionador.

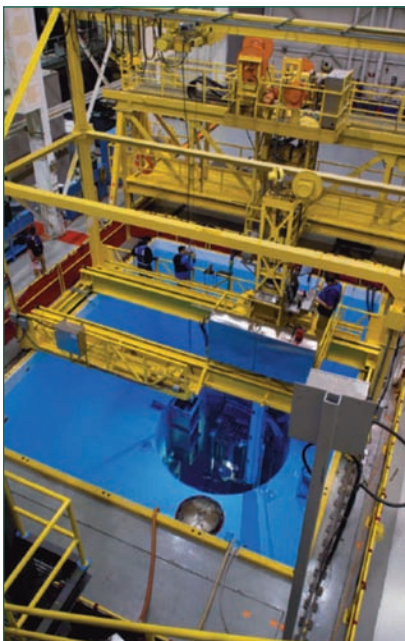


Figura 4. Framatome training center de Lynchburg.

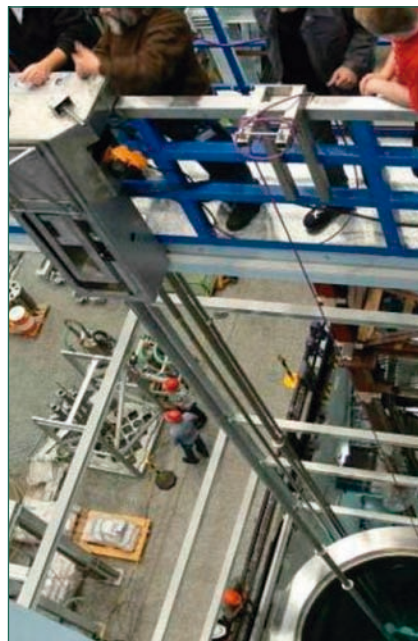


Figura 5. Framatome training center in Erlangen.

maquetas diversas para entrenamiento de retirada de partes sueltas (FME), mesa de sellado, sistema de transferencia de combustible, sección de presionador para entrenamientos de sustitución de resistencias, etc.

Adicionalmente se encuentra disponible una estructura modular configu-

rable para simular los distintos niveles, alturas para los diversos casos en los que se deben realizar pruebas durante el diseño y fabricación de utillajes, herramientas y equipos que posteriormente son usados para la realización de los entrenamientos previos a la ejecución en planta (Figura 7).

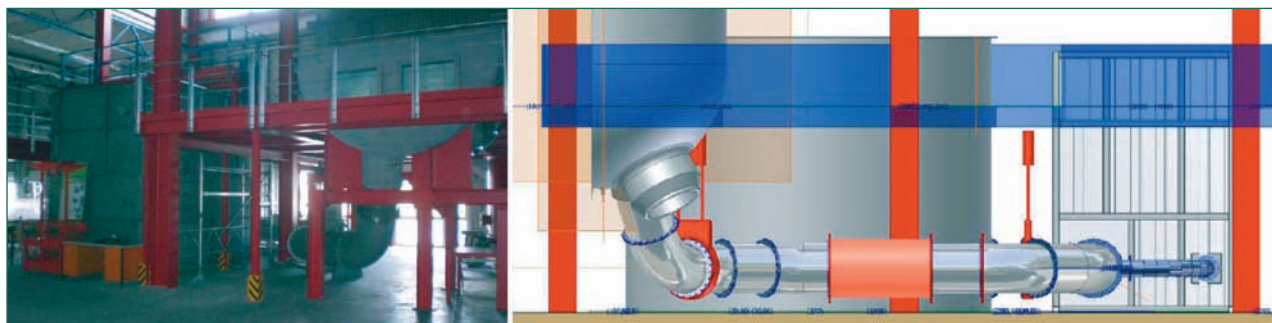


Figura 6. Training and Qualification facility en Eltersdorf (Alemania).



Relacionado con los asuntos mencionados en el capítulo anterior, destacar que al ser trabajos en los que gran parte de las actividades han sido conceptuadas específicamente para cada aplicación, fue necesario construir maquetas y simular las condiciones con la mayor similitud posible a las condiciones reales para comprobar la viabilidad del concepto y entrenar al personal consiguiendo su familiarización plena con la actividad y el equipo así como el máximo grado de confianza posible del equipo humano interviniente.

El desarrollo de los entrenamientos se adapta a la tipología del servicio a realizar. Normalmente consiste en una primera fase con el uso de los dispositivos y las herramientas diseñadas y fabricadas como prototipos para su adaptación a las necesida-

des reales, según el concepto para la consecución del objetivo; esta fase es importante porque permite mejoras en el diseño con la ayuda del personal que será ejecutor en planta y normalmente es experimentado. En una segunda fase, el personal involucrado ejecuta las operaciones las veces necesarias para tener la suficiente destreza con los equipos y herramientas, incluyendo las pruebas necesarias que deben ser realizadas en planta en el ejercicio real. En conclusión los entrenamientos permiten al equipo humano realizar las actividades de la manera más parecida a la situación real con la particularidad de que el factor dosis, que es el que se quiere minimizar, no existe y permite realizar los ensayos y pruebas tantas veces como se considere o sea necesario.

TRATAMIENTOS QUÍMICOS

En relación a la eliminación o reducción del término fuente es una práctica recomendable y muy utilizada, en especial en plantas diseño BWR, la realización de limpiezas y descontaminaciones químicas de los componentes principales. Mediante este

tipo de actuaciones se puede reducir la dosis de los circuitos en los que se practica siendo especialmente recomendable cuando están previstas actuaciones en componentes del propio circuito o en componentes cercanos al mismo.

El objetivo primordial de una descontaminación es reducir la exposición a radiaciones del personal que tienen que trabajar sobre o en la proximidad de componentes contaminados. La descontaminación simultánea del circuito primario completo (FSD) es especialmente ventajosa ya que puede ser aplicada sin apenas manipulaciones previas de sistemas de la central y reduce drásticamente el inventario de actividad de la planta, permitiendo minimizar la exposición a radiaciones de las actividades siguientes. Esta es una práctica habitual a medio plazo ya que reduce considerablemente la tasa de dosis y contribuye en cierta medida, debido a las tecnologías aplicadas, a minimizar o disminuir en el tiempo la tendencia a la recontaminación de los circuitos tratados. La Figura 8 muestra un ejemplo de la descontaminación de un componente.

Esta práctica también es habitual previa a las actividades de desmantelamiento de una central nuclear independientemente del tipo que sea, PWR o BWR, ya que reduce la carga radiológica y los niveles de contaminación de los equipos, sistemas y componentes a ser intervenidos, segregados y clasificados como desechos; disminuyendo las dosis acumuladas recibidas para las operaciones necesarias y contribuyendo a una mejor clasificación de los residuos.

CONCLUSIÓN

Los principios Alara rigen todos los trabajos desarrollados en las centrales nucleares y como tal, los suministradores que trabajan en las centrales se encuentran profundamente comprometidos con ellos. Una manera de contribuir es mediante la innovación y desarrollo de soluciones tecnológicas que permitan intervenciones en remoto, reduciendo al mínimo la participación de personal en ambientes radiológicos. Además, mediante un correcto entrenamiento y el uso de maquetas se permite reducir los tiempos de exposición a la vez que se reduce el error humano. Por último, las tareas de descontaminación permiten la reducción del término fuente y así reducir de forma visible la dosis colectiva de los trabajadores. ■



Figura 7. Maqueta a tamaño real construida para cualificación entrenamientos (fotos exterior e interiores).

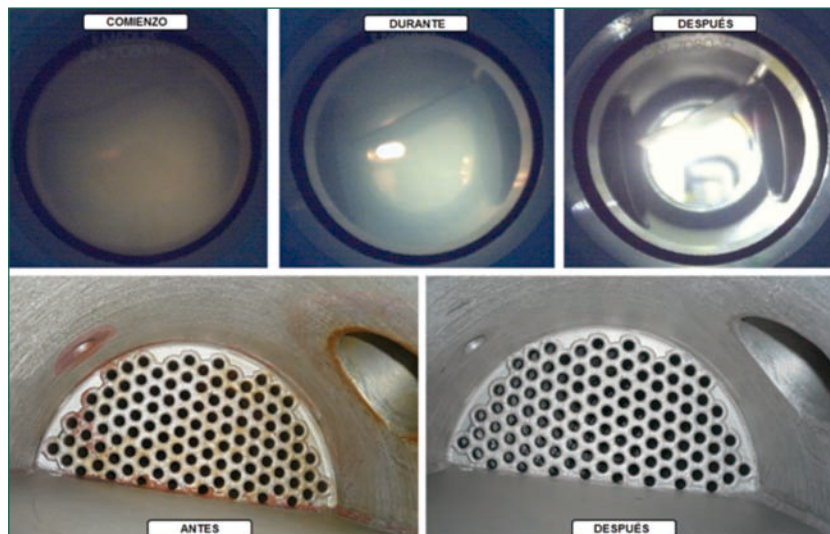


Figura 8. Ejemplo de descontaminación sobre un componente.